

# Automatización de una línea de montaje con cinta transportadora



Grado en Ingeniería Eléctrica y Electrónica

## Trabajo Fin de Grado

Iñigo Beunza Navarro

Director: Jose Basilio Galván Herrera

Pamplona, 29/06/2018



## Agradecimientos

Se quiere dar reconocimiento y agradecimiento a todas aquellas personas que, gracias a ellas, han logrado que este Trabajo Fin de Grado sea posible.

En primer lugar a mi tutor Jose Basilio Galván Herrera por la ayuda, dedicación y paciencia mostrada a lo largo del proyecto.

A Jose Jacinto Elizondo, técnico de laboratorio, con su ayuda la búsqueda y compra del material fue más sencillo.

A mis compañeros de clase, ya que estos años he compartido momentos inolvidables, y que con su apoyo, los años de carrera se llevan mejor.

A mi hermano, ya que sin su ayuda y sus conocimientos de mecánica, este proyecto no hubiera llegado a su fin.

Y por último, dar gracias a toda mi familia, por apoyarme en todo momento y enseñarme que con esfuerzo y trabajo los resultados llegan.

*“El entusiasmo es la madre del esfuerzo, y sin él, jamás se consiguió nada grandioso”*

*Ralph Waldo Emerson.*

## Resumen

El objetivo de este proyecto es crear el principio de una línea de montaje a tamaño escala con una cinta transportadora. Este proyecto incluye el diseño y creación del cuadro eléctrico y de la cinta transportadora.

El autómata principal controlará todos los mecanismos y movimientos de la cinta transportadora. El estado del sistema será dado por los diferentes sensores, finales de carrera y pulsadores, y las acciones decididas por la programación del autómata se realizarán por diversos actuadores. Todas las conexiones eléctricas estarán detalladas en los planos eléctricos.

La finalidad del proyecto es principalmente didáctica y educativa. El propósito de este proyecto principalmente es que los alumnos de los próximos años lo utilicen para aprender a conectar y programar autómatas, así como aprender a programar variadores de frecuencia, ya que hoy en día son muy utilizados en el ámbito de la industria.

## Palabras clave

Línea de montaje, PLC, Autómata, Automatización, Variador.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
1.1 Motivación	9
1.2 Objetivos	9
<b>2. DISEÑO, ELECCIÓN Y MONTAJE DE COMPONENTES</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Parte Mecánica</b>	<b>10</b>
2.1.1 Cuadro Eléctrico	12
2.1.2 Cinta Transportadora	14
2.1.3 Botonera de Mando	21
<b>2.2 Parte Eléctrica</b>	<b>22</b>
2.2.1 Cuadro Eléctrico	22
A) Interruptor magnetotérmico	22
B) Interruptor diferencial	23
C) Base de enchufe	23
D) Fuente de alimentación compacta	25
E) Autómata	27
E.1 Fuente alimentación	29
E.2 CPU	30
E.3 Tarjeta Entradas y Salidas	31
F) Relé	33
H) Portarelés	34
I) Dispositivo señal LED	35
J) Zumbador	36
K) Bornes de conexión	37
L) Elementos de señalización y Punteras aisladas	37
M) Variador de frecuencia	38
N) Cableado cuadro eléctrico	51
2.2.2 Botonera de Mando	52
A) Pulsadores	52
B) Selector Interruptor	53
C) Pulsador de Emergencia	53
D) Contactores	55
E) Adaptadores	56
F) Potenciómetro	56
G) Cableado de mando	58

2.2.3 Cinta transportadora	60
1. Motor reductor	60
2. Sensor Fotoeléctrico	62
3. Final de carrera con varilla metálica	67
<b>3. <u>PUESTA A TIERRA DE UNA LÍNEA DE MONTAJE</u></b>	<b>68</b>
<b>4. <u>PROGRAMACIÓN</u></b>	<b>69</b>
4.1 Tablas de direccionamiento	69
4.2 Explicación general de funcionamiento	70
4.3 Grafcet	72
4.4 Programación	74
<b>5. <u>PROBLEMAS Y SOLUCIONES</u></b>	<b>81</b>
<b>6. <u>POSIBLES MEJORAS</u></b>	<b>83</b>
<b>7. <u>CONCLUSIÓN</u></b>	<b>84</b>
<b>8. <u>LÍNEAS FUTURAS</u></b>	<b>85</b>
<b>9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b>86</b>

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano Nº1: Hoja de instrucción

Plano Nº2: Conjunto estructura

Plano Nº3: Largueros

Plano Nº4: Chapa estructura

Plano Nº5: Pata

Plano Nº6: Rodillo

Plano Nº7: Rodillo Motor

Plano Nº8: Portarodamientos

Plano Nº9: Carcasa cuadro eléctrico

Plano Nº10: Mecanizado placa montaje

Plano Nº11: Placa de montaje con componentes

Plano Nº12: Alimentaciones

Plano Nº13: Tarjeta principal

Plano Nº14: Tarjetas adicionales

Plano Nº15: Variador de frecuencia y relés

Plano Nº16: Graficet



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Motivación

La elección de este Trabajo de Fin de Grado surge a raíz de estar trabajando en una empresa donde la automatización industrial está presente en casi todos los puestos de trabajo, y si además, se cursa la asignatura de Robótica y Autómatas Programables en el cuarto curso de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, la decisión del tema a escoger para este Trabajo de Fin de Grado (TFG) que me motivase, fue algo realmente fácil.

## 1.2 Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es crear el principio de una línea de montaje a tamaño escala donde se distinguen 2 partes fundamentalmente que son: el cuadro eléctrico y la cinta transportadora. En ambos se requiere el diseño y la fabricación tanto eléctrica como mecánica.

Por otro lado, este trabajo se ha realizado con el fin de ser utilizado y ampliado en los próximos años para los nuevos estudiantes de la asignatura de Robótica y Autómatas, donde lo podrán reprogramar de la manera que ellos quieran y así poder ampliar y mejorar sus conocimientos en:

- Programación GRAFCET
- Programación Variador de frecuencia SIEMENS
- Diseño y montaje de circuitos eléctricos
- Comprensión de los diferentes tipos de comunicación entre sistemas

Existen distintos lenguajes de modelado que ayudan a representar gráficamente el proceso a automatizar, pero el que se utiliza en el aula es Grafcet (*Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition*).

Este tipo de grafo o diagrama evolucionado a partir de redes de Petri que contempla entradas, acciones a realizar y los procesos intermedios que provocan estas acciones, en principio solo se usaba para documentar parte de la secuencia del proceso, pero dado el uso constante que le dieron muchos fabricantes en sus autómatas se convirtió en un potente lenguaje de programación para sistemas secuenciales.

## 2. DISEÑO, ELECCIÓN Y MONTAJE DE COMPONENTES

En este apartado se explicará el diseño, elección y montaje de los diferentes componentes de nuestra línea de montaje. En este caso lo dividiremos en dos puntos principales. En el primer punto explicaremos la parte mecánica de nuestra línea de montaje, y en el segundo punto, el montaje e instalación eléctrica de la misma.

En cada punto principal explicaremos tres apartados de los cuales serán para los dos el mismo. Los apartados no son otros que las “zonas” de nuestra línea de montaje. Cuadro eléctrico, botonera de mando y cinta transportadora.

### 2.1 Parte Mecánica

Quizás esta sea la parte más difícil de nuestro trabajo, el intentar buscar un diseño y una forma adecuada a cada conjunto, donde en la parte de nuestro cuadro eléctrico, se busca la distribución y el espacio adecuados para la comodidad y facilidad de la instalación eléctrica, y en la parte de la cinta transportadora, se busca ante todo la seguridad ante posibles riesgos para las personas.

Cabe destacar, a la hora del diseño y montaje ya sea de una máquina, una herramienta etc., que hay que seguir varias normas para su aprobación, esto quiere decir que tiene que cumplir unos requisitos que en nuestro caso el certificado que lo autoriza es el marcado “CE”.

El marcado CE es el proceso mediante el cual el fabricante/importador informa a los usuarios y autoridades competentes de que el equipo comercializado cumple con la legislación obligatoria en materia de requisitos esenciales. Cuando un producto está cubierto por varias directivas que dispongan la colocación del marcado “CE”, este señala que el producto cumple todas las directivas legales aplicables al mismo.

El fabricante es el responsable de los procedimientos de certificación, y en su caso, certificación de la conformidad de un producto básicamente tiene que:

- Garantizar el cumplimiento del producto con los requisitos esenciales.
- Firmar la Declaración “CE” de conformidad.
- Elaborar la documentación o expediente técnico.
- Fijar el marcado “CE”.

Este esquema representa las diferentes etapas posibles por las que un producto ha de pasar desde su fabricación hasta su comercialización en el mercado.



Otro tema importante a tener en cuenta en la fabricación de una máquina, son los aspectos legales y normativos que tienen que ver con la seguridad en estos equipos de trabajo. En esta parte, no nos adentraremos en profundidad ya que nuestra línea de montaje es muy sencilla y básica, pero es importante saber qué normativa se refiere a la seguridad y además, qué complejidad tiene la creación y diseño de una máquina en el mundo laboral.

La normativa básica de los sistemas de mando y seguridad utiliza el grupo de normas EN ISO 13849, de las cuales las más importantes:

- EN ISO 13849-1:2006 – indica los requisitos de diseño de las partes del sistema de mando relativas a seguridad.
- EN ISO 13849-2:2004 – establece los criterios, procedimientos y requisitos para su validación

Un ejemplo de una función de seguridad típica presente en casi todas las máquinas es la función de parada de emergencia.

### 2.1.1 Cuadro eléctrico

Los armarios eléctricos son fabricados pensando en garantizar una larga vida útil de sus montajes eléctricos. El armario utilizado es un armario eléctrico con una envolvente de murales de chapa con placa de montaje, especialmente diseñado para cuadros de distribución eléctrica, armarios para maquinaria, armarios de automatización y control....

Cuenta con un sistema de cierre de fácil apertura y suavidad. Las dimensiones del armario son 500X400X200mm (Alto, Ancho, Fondo) con un grado de protección IP66 y por supuesto cumpliendo la normativa CE.

Hay que tener en cuenta que el propio armario trae una chapa extraíble en la parte superior del mismo para la entrada o salida de los cables, que nosotros en nuestro caso hemos decidido tapar, ya que este tipo de montajes son para cuando el armario va sujeto a la pared a una altura determinada, y que aquí al estar en el suelo, hemos decidido abrir un orificio lateral protegido con un tapón de plástico de Ø 70mm, lo que permite así poder manejarlo y desplazarlo fácilmente. Este tapón es algo parecido a un prensaestopas, pero en vez de comprarlo, hemos fabricado una pieza de plástico muy parecida, donde su función principal es cubrir los laterales del orificio pasante para evitar posibles cortes en las personas y en los cables.



Figura 1 Cuadro Eléctrico (Fuente [1])

La placa de montaje incluida está hecha de acero galvanizado, que se puede extraer fácilmente, y es en esta donde colocaremos todos nuestros componentes de tal forma que buscaremos la facilidad del montaje eléctrico posterior.

Esta placa se sujetará al armario gracias a 4 ranuras que tiene en las esquinas donde la fijaremos posteriormente con 4 tuercas.



*Figura 2 Chapa galvanizada*

Los materiales utilizados donde ubicaremos los componentes eléctricos y electrónicos y donde guardaremos el paso de los cables en las diferentes conexiones de nuestra instalación son: canaleta ranurada de 30x30mm y carril DIN fabricado de chapa de acero de 1,2mm de grosor.



*Figura 3 Chapa con canaletas y carril DIN*

### 2.1.2 Cinta transportadora

En la actualidad, podemos encontrar todo tipo de cintas transportadoras, ya sean tanto para el ámbito industrial (cadenas de montaje o distribución) como para el desplazamiento de personas (estaciones de esquí, campos de golf). Por definición, una cinta transportadora es un sistema de transporte continuo formado por una banda continua que se mueve entre dos tambores. La banda es arrastrada por fricción por uno de sus tambores que a su vez es accionado por un motor. El otro tambor no tiene ningún tipo de accionamiento, y su función es servir de retorno a la banda. La banda es soportada mediante una cuna de chapa permitiendo así que sea continua en todo su trayecto.

Hoy en día podemos encontrar muchos tipos de cintas transportadoras y también muchos tipos de configuraciones, permitiendo así adaptarse a cualquier necesidad, tanto en espacio como en lugar. Algunas de las ventajas de las cintas transportadoras son:

- Gran capacidad de transporte.
- Adaptación del terreno.
- Transporte de materiales a gran distancia.
- No altera el producto transportado.

Como ya dijimos, la idea principal es la de que los alumnos de los próximos años de la asignatura de Robótica y Autómatas puedan programar e incluso ampliar este trabajo de fin de grado, pero a su vez, lo que se intenta también es crear un ambiente industrial de los más real posible, utilizando dispositivos que podemos encontrar en cualquier fábrica.

Para este trabajo de fin de grado hemos fabricado y diseñado una cinta transportadora a tamaño escala. Esta cinta transportadora en comparación con otras cintas industriales es bastante simple y sencilla.

Antes de describir todas y cada una de las partes de nuestra cinta transportadora es importante decir que el diseño y las medidas de cada parte están explicados y detallados en los planos adjuntos.

Las partes fundamentales de la cinta transportadora son:

- Rodillos

Los rodillos son uno de los componentes principales de una cinta transportadora, y de su calidad depende en gran medida el buen funcionamiento de la misma. Si el giro de los mismos no es bueno, además de aumentar la fricción y por tanto el consumo de energía, también se producen desgastes de materiales con la consiguiente reducción de la vida de la misma. En nuestra cinta transportadora solo tenemos 2 rodillos, donde uno de ellos será el que esté conectado al motor y el otro estará libre. El material utilizado de los rodillos es PVC y están hechos en torno. Véase planos 6 y 7.



Figura 4 Rodillos

- Patas y largueros

Las patas y largueros son la estructura general de nuestra cinta de montaje. Los largueros son las piezas metálicas horizontales que sujetan los rodamientos, rodillos y chapas. Las patas, a su vez, van sujetas a los largueros de tal forma que sujeten toda la estructura que va conectada a ellos. Como podemos ver en los planos adjuntos tienen unos orificios donde irán los remaches que sujetaran las diferentes partes de la cinta transportadora. Véase planos 3 y 5.



Figura 5 Patas y largueros

- Rodamientos y portarodamientos

En nuestra cinta necesitamos sujetar los dos rodillos a los largueros de tal forma que puedan girar y desplazar la cinta sin mayor problema y con la menor fricción posible. Esto lo conseguimos gracias a cuatro rodamientos que irán ubicados en cuatro portarodamientos fabricados de tal forma que se sujeten a los largueros mediante remaches. Los rodamientos son de bolas estándar cuya referencia es AXK-2035. Véase plano 8.



Figura 6 Rodamientos y Portarodamientos

- Chapas

Podemos distinguir tres chapas principales:

La primera chapa que vamos a explicar es la chapa central de nuestra cinta transportadora. Esta chapa tiene forma de U, y su misión es la de sujetar y mantener los dos soportes de patas y largueros fijos dando firmeza a la cinta. Véase plano 4.



*Figura 7 Chapa de fijación forma U*

La segunda chapa es un simple rectángulo con un espesor de 2mm. Esta chapa se coloca encima de la chapa en forma de U. Su función principal es la de mantener firme la cinta de tal forma que cuando se transporte un objeto de un extremo a otro no tenga irregularidades en el terreno y por tanto el objeto a desplazar esté lo más estable posible.



*Figura 8 Chapa soporte cinta*

La tercera chapa es el soporte para el motor. Esta chapa se sujeta a la cinta desde un lateral y a una determinada altura. Conectaremos el motor-reductor con el rodillo guía encima de dicha tapa de tal forma que logremos así el desplazamiento de piezas.



*Figura 9 Chapa Soporte Motor Eléctrico*



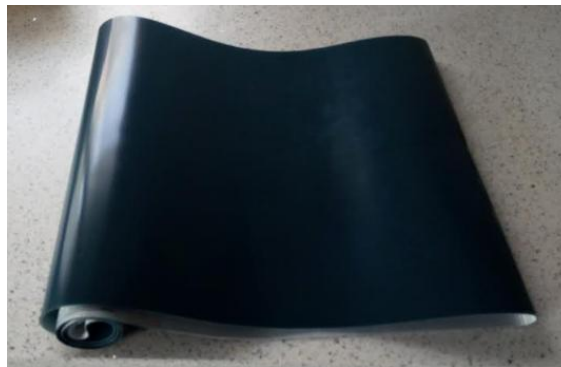
- Banda transportadora

Hoy en día, uno de los mayores problemas que podemos encontrarnos con el uso de las máquinas, es el desgaste de sus materiales. En nuestro trabajo de fin de grado tenemos una cinta que debido a la fricción de la banda transportadora con los rodillos y el desplazamiento de objetos sobre la cinta, hace que esta con el paso del tiempo se deteriore considerablemente. Las cintas transportadoras industriales solventan este tipo de problemas gracias a un tensor de banda. La función de este tensor es el de tensar y ajustar la banda transportadora para su correcto funcionamiento.

Nuestra cinta transportadora no está diseñada con este tipo de tensor, y por lo tanto, esto es otro problema que hay que tener en cuenta. La solución para este problema la explicamos más adelante, en el punto del montaje de nuestra cinta transportadora.

La banda transportadora es la parte que más nos ha costado conseguir para hacer este trabajo porque la cantidad de tipos de material es inmensa y el precio de la fabricación es muy elevado. Por lo tanto, tuvimos que consultar precios a diferentes proveedores para elegir el más barato pero a su vez que sea buen material.

El material utilizado de la banda es poliéster rígido con un espesor total de 1mm. Su color es verde y sus características especiales son: antiestática, resistente a aceites y grasas y excelente resistencia a la abrasión. La cinta es de la marca Breda y su referencia es 07CF. Las medidas de la cinta son 130cm X 26cm (largo x ancho).



*Figura 10 Banda transportadora*

- Conteras

Las conteras son las tapas rectangulares que pondremos a nuestra cinta transportadora para tapar los agujeros finales de los largueros y las patas. A parte de mejorar su estética, esta es una forma también de evitar posibles cortes en las partes salientes metálicas debido a los cortes en la fabricación. Sus dimensiones son de 50x30 mm de la marca ISC plastics parts con referencia 00300400075.



*Figura 11 Conteras (Fuente [2])*

### **Montaje de nuestra cinta transportadora**

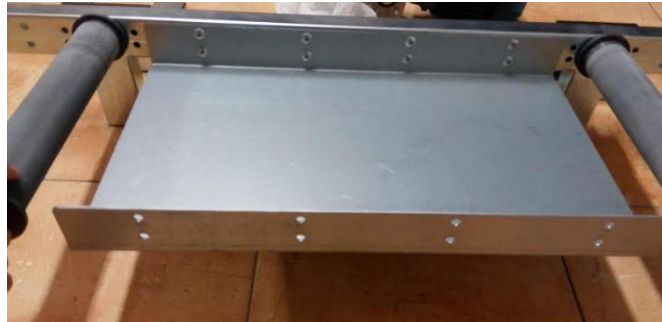
En este apartado explicaremos y visualizaremos brevemente por partes el montaje de nuestra cinta transportadora. Es importante saber que en un principio, todas las uniones de la estructuras metálicas pensábamos hacerlas mediante remaches, pero previniendo que en un futuro pueda haber posibles desgastes de materiales y por tanto tengamos que cambiar distintas piezas de la cinta transportadora, pensamos que la mejor forma de sujetar la cinta es con el tablero de madera mediante L metálicas atornilladas a los dos objetos. La sujeción del motor la hacemos mediante tornillos, ajustando la altura del motor para que el eje del motor encaje perfectamente con el eje del rodillo.

En primer lugar lo que hacemos es unir los portarodamientos con sus respectivos rodamientos a la estructura de las patas y largueros poniendo a continuación las conteras explicadas anteriormente para evitar así posibles cortes.



*Figura 12 Patas y Largueros con Rodamientos*

Una vez que tenemos las dos estructuras de patas con sus largueros, colocamos los rodillos correspondientes solo en una de ellas. Este paso es importante porque nos tenemos que dar cuenta que uno de los rodillos tiene un saliente más largo, por el cual irá conectado al motor. Por tanto, es importante saber donde se colocará la estructura de chapa de sujeción del motor para conectar el rodillo correspondiente.



*Figura 12 Soporte con Rodillos y Chapa de fijación*

Cuando ya tenemos los dos rodillos y tenemos la chapa metálica en forma de U bien sujeta, es cuando pasamos a colocar la banda transportadora. Este paso es el más importante de todos, ya que no es solo colocar la banda, si no que también tenemos que colocarla ajustada lo mejor posible para que el movimiento de la misma sea óptima y su vida útil sea la mayor posible.

Entonces, ¿Qué pasa si la largura de la cinta no es la correcta?

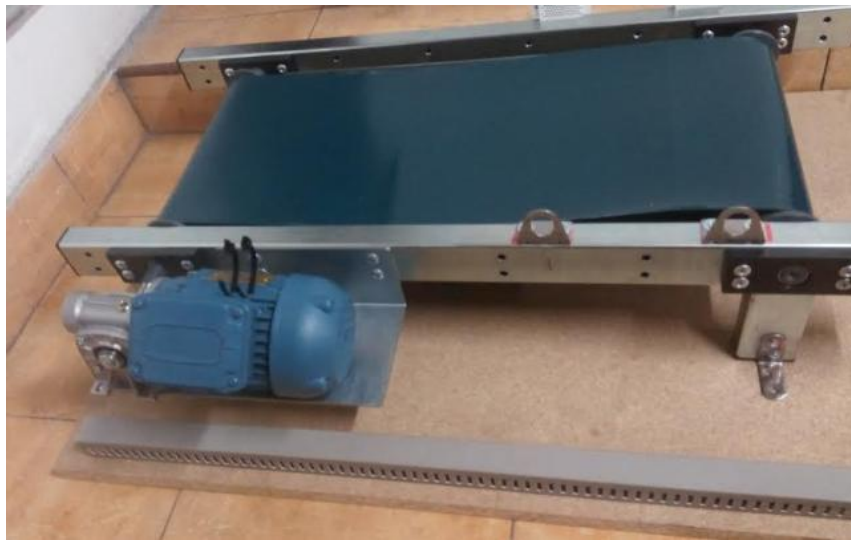
Aquí está uno de los problemas de la cinta transportadora porque no está diseñada de tal forma que tenga tensor de banda. Por lo tanto, si nosotros nos equivocamos y tenemos el más mínimo error en la medición, esa banda ya no nos servirá y tendremos que comprar otra. La gran ventaja de nuestro diseño, es que los rodillos son de material plástico PVC, pudiendo así rebajar el diámetro a uno de los rodillos de tal forma que consigamos ajustar nuestra banda a la medida necesaria. Una vez que tenemos media parte montada y la banda ajustada a la medida correcta, colocaremos la otra parte de la estructura “cerrando” todo el conjunto.



*Figura 13 Base de la Cinta Transportadora*

Una vez que tenemos montada toda la estructura de la cinta transportadora, colocaremos el soporte lateral donde después montaremos el motor. Como explicamos anteriormente, tenemos que tener en cuenta a la hora de colocar el soporte que tiene que ir al rodillo el cual tiene un saliente mayor por el que lo conectaremos mecánicamente al eje del reductor. Las características del motor-reductor las explicamos en la parte eléctrica.

Finalmente, para que dicha cinta transportadora no quede libre en el suelo la ubicaremos encima de un tablero aglomerado. Este tablero lo utilizaremos también para hacer el montaje eléctrico de nuestra cinta transportadora, colocando una canaleta de plástico como las utilizadas en el cuadro eléctrico para que podamos albergar los cables eléctricos de los sensores y la manguera del motor-reductor.



*Figura 14 Cinta transportadora con Motor y Base de aglomerado*

### 2.1.3 Botonera de mando

En este apartado vamos a explicar la parte mecánica de la botonera de mando, así como los problemas que tuvimos a la hora de escogerla.

Hoy en día en el ámbito industrial podemos encontrarnos muchos tipos de líneas de montaje. Cada fábrica tiene su maquinaria específica para realizar diferentes tipos de procesos, pero todas ellas comparten un lugar específico donde se albergan los mandos de control.

La idea principal en nuestro trabajo de fin de grado era la de ubicar todos los mandos de control en la misma puerta del cuadro eléctrico, pero viendo que solo tenemos pulsadores y que no tenemos suficiente presupuesto para comprar una pantalla de control LCD o un BOP externo para nuestro convertidor de frecuencia, decidimos comprar una botonera de mando.

La botonera de mando es una carcasa en la cual nosotros podemos albergar todos los botones y pulsadores para el control de nuestra línea de montaje. Esta carcasa viene ya preparada con los orificios hechos para los botones y pulsadores que queramos poner con la ventaja de que el diámetro de los orificios es el adecuado para los dispositivos que pondremos. Además, esto es una forma de no tener que agujerear el cuadro eléctrico evitando así posibles fallos a la hora del montaje y también, a la hora de hacer la instalación eléctrica, nos evitamos la salida de conductores hacia la puerta del cuadro, ubicando todos ellos en las canaletas correspondientes creando una instalación lo más ordenada posible.

Para este trabajo vamos a utilizar tres pulsadores, un selector de mando y un potenciómetro, así pues nuestra carcasa tiene que tener como mínimo cinco orificios para albergar todos los dispositivos.

El problema lo tenemos con el potenciómetro, ya que si queremos comprarlo de la misma marca que los demás dispositivos el precio se dispara y por tanto para ahorrar en costes, hemos decidido comprar un potenciómetro variable como los que se utilizan en el laboratorio de Automática. La solución está en taladrar nosotros mismos un quinto orificio en la parte lateral de la carcasa. Esta solución es bastante buena porque no solo nos ahorramos en el coste del potenciómetro, también nos ahorramos en comprar la carcasa ya que ahora no necesitamos de cinco orificios si no de cuatro. La marca de la carcasa es Eaton con un código de producto 101067.



Figura 15 Carcasa Botonera (Fuente [3])

## 2.2 Parte Eléctrica

En este apartado se describen todos los elementos eléctricos y electrónicos que hemos utilizado para llevar a cabo nuestro trabajo. Se divide en 3 zonas principales:

1. Cuadro Eléctrico
2. Botonera
3. Cinta transportadora

### 2.2.1 Cuadro Eléctrico

El cuadro eléctrico es la zona donde va a albergar los componentes principales de nuestra instalación, que ellos serán los encargados de recibir y enviar ordenes en forma de tensiones ya sea de alimentación como de señal.

Cabe nombrar que en la elección de los dispositivos utilizados, ya sean de protección como los de bases de enchufe, ha sido comprado de tal forma que encaje mejor con las características de la instalación sin olvidarnos de buscar el menor coste posible.

#### A) Interruptor magnetotérmico

El interruptor magnetotérmico es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos protegiendo así la instalación frente a sobrecargas y cortocircuitos.

El funcionamiento de este dispositivo de protección se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente: el magnético y el térmico (efecto Joule). Por tanto consta de 2 partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

En este caso el interruptor que hemos elegido es de la marca Schneider Electric. El dispositivo es de 2 polos protegidos. Su intensidad nominal es de 20A, su curva de disparo es C, y su poder de corte son 10kA.

Y, ¿Por qué un magnetotérmico de 20 A y no de menos?

Si miramos los consumos de nuestros aparatos, sensores, motor, variador, etc, veremos que estamos muy por debajo de la intensidad nominal del dispositivo, pero recordamos que este proyecto es un principio de línea de montaje, y por tanto no sabemos en el futuro que ampliación puede tener.



Figura 16 Interruptor Magnetotérmico (Fuente [4])

#### B) Interruptor diferencial

El interruptor diferencial es un dispositivo electromecánico que se instala en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger a las personas de los contactos directos e indirectos provocados con el contacto con partes activas de la instalación o con elementos sometidos a potencial debido.

Es un dispositivo muy importante en la instalación, tanto domestica como industrial. Su funcionamiento es muy básico, el I.Diferencial se desconectará cuando exista una derivación o defecto a tierra y superando la sensibilidad descrita en el dispositivo.

En este caso el interruptor que hemos elegido es un interruptor diferencial de la marca SASSIN. El dispositivo es de 2 polos, con una intensidad nominal de 40A, una sensibilidad de 30mA y un poder de corte de 6kA.



Figura 17 Interruptor Diferencial (Fuente [5])

### C) Bases de enchufe

Se colocan 2 bases de enchufe en el cuadro eléctrico para base carril DIN. Cabe destacar que a simple vista podemos observar que las bases de enchufe son de diferente marca, esto es debido después de poner la primera base de enchufes, nos dimos cuenta de que necesitábamos más bases, y lo tuvimos que comprar de diferente distribuidor. Por lo tanto, tenemos 2 tomas de corriente, una de la marca Schuko y el otro de la marca ABB.



*Figura 18 Bases de enchufe Schuko y ABB (Fuentes [6] y [7])*

Las 2 bases de enchufe son de 2 polos más la toma a tierra, con 16A de corriente nominal y 250V AC 50/60Hz de tensión nominal. La máxima tensión de empleo es 500V AC con un grado de protección IP20.

La finalidad de las bases de enchufe es conectar los transformadores-rectificadores de tensión, que están explicados en el siguiente punto, y que utilizaremos para alimentar nuestras entradas y salidas de los diferentes sensores, actuadores, etc., que conectaremos a nuestro autómatas.



#### D) Fuente de alimentación compacta

El funcionamiento de estas fuentes de alimentación es muy básico. En una primera etapa, por medio de un transformador, se reduce la tensión de entrada. Después, por medio de un puente de diodos, se rectifica la señal alterna de tal forma que el ciclo negativo de la tensión senoidal se convierta en positivo, para que junto con un condensador disminuya el rizado de la misma y obtener así una tensión continua lo más estabilizada posible. Viene equipada con protección contra cortocircuitos y sobrecargas, su eficiencia es muy alta y su consumo es relativamente bajo.

Como hemos dicho en el punto anterior, utilizaremos dos fuentes de alimentación independientes. Los dos son de la marca MW (VELLEMAN) y su función es la misma. La única diferencia es que en uno de ellos se puede regular la tensión mediante un potenciómetro.

Las especificaciones del modelo de tensión de salida de 24V DC con referencia PSSE2410 son las siguientes:

- Tensión: 100-240 VAC 50/60Hz-550mA
- Potencia: 24 W máx.
- Tensión de salida: 24 VDC
- Corriente de salida máx: 1 A
- Tolerancia de la tensión de salida: +-10%



*Figura 19 Fuente de alimentación 24V DC (Fuente [8])*

Esta fuente de alimentación compacta la usaremos principalmente para alimentar los sensores, pulsadores, actuadores o relés que irán conectadas en las entradas y salidas de nuestro autómatas.

Las especificaciones del modelo de tensión variable de salida de 3 a 12 VDC son las siguientes:

- Tensión: 100-240 VAC / 50-60Hz
- Potencia: 27W, salida estabilizada
- Corriente de salida máx: 2250mA
- 7 tensiones de salida seleccionables: de 3 a 12 VDC



*Figura 19 Fuente de alimentación variable (Fuente [9])*

La función de esta fuente de alimentación compacta con tensión variable es el de comunicar las ordenes del autómatas con el variador de frecuencia. Hemos elegido esta fuente de alimentación ya que con 9 VDC nos es suficiente. Podríamos haber usado una con tensión continua fija, pero debido a que este es el material que había en el laboratorio y nos es útil para nuestro trabajo, decidimos escogerla.

Un dato importante, que explicaremos en los siguientes puntos, es que los terminales de salida del autómatas no dan una tensión continua de por sí. Cuando nosotros le damos una orden de “encender” una salida, por ejemplo, lo que hacen es activar el contacto interno cerrando un circuito. Este es un punto importante: saber cómo funciona nuestro autómatas principal, ya que así se facilita el montaje eléctrico de cualquier instalación futura y además, en este trabajo de fin de grado se explica perfectamente porque utilizamos 2 fuentes de alimentación diferentes.

## E) Autómata (PLC)

Hasta finales de la década de los años sesenta del pasado siglo el control de procesos industriales se realizaba de forma cableada por medio de contactores y relés, algo que era, difícil de realizar y mantener ya que los operarios encargados de este tipo de instalaciones debían tener altos conocimientos técnicos. Además llevaba mucho tiempo realizar cualquier tipo de modificación.

Con la llegada de los autómatas programables o PLCs (Programmable logic controller), la industria sufrió un impulso importante, que ha facilitado de forma notable que los procesos de producción o control se hayan flexibilizado mucho.

Los autómatas programables o PLCs (Programmable logic controller) son equipos electrónicos que dan solución al control de circuitos complejos de automatización, trabajan en base a la información recibida por los sensores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

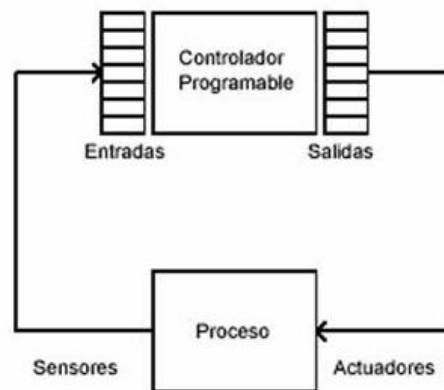


Figura 20 Esquema funcionamiento PLC

Estos dispositivos automáticos ofrecen ciertas ventajas frente a los procesos industriales pasados:

1. Menor tiempo empleado en elaboración de proyectos.
2. No es necesario dibujar esquemas de contactos.
3. Mínimo espacio de ocupación.
4. Menor coste de mano de obra.
5. Posibilidad de gobernar varias máquinas.
6. Menor tiempo de respuesta.

Pero aunque sean menos, también tienen sus inconvenientes:

1. Hace falta un programador, lo que exige la preparación de los técnicos en su etapa de formación.
2. La inversión inicial es mayor que en el caso de los relés, aunque esto es relativo en función del proceso que se desea, por tanto el diseñador deberá de conocer a fondo las prestaciones y limitaciones del PLC.

Hoy en día existen muchas marcas diferentes de PLCs en el mercado: Siemens, Omron, Parker, Entelec, etc.

La estructura básica de cualquier autómatas es la siguiente:

- Fuente de alimentación
- CPU
- Módulos de entrada
- Módulos de salida
- Terminal de programación (ordenador)
- Periféricos (en nuestro proyecto no utilizamos periféricos)

Y además pueden estar estructurados de 2 formas diferentes:

- Compacta: En un solo bloque están todos los elementos
- Modular (Europeo): Cada modulo es una función (fuente de alimentación, CPU, E/S, etc.).

Nosotros en nuestro trabajo de fin de grado hemos escogido el autómatas programable de la marca Click Koyo, ya que es el autómatas que tenemos en el laboratorio y el que hemos aprendido a programar y cablear durante el semestre.



Figura 21 PLC Click Koyo

A continuación describiremos cada uno de los módulos utilizados:

### E.1 Fuente de alimentación

La fuente de alimentación es la encargada de convertir la tensión de red de 230 VAC a baja tensión DC, que en nuestro caso son 24V, siendo la tensión que normalmente utilizan todos los autómatas.

Nosotros en el laboratorio disponemos de una fuente de alimentación con referencia C0-01AC. Esta fuente de alimentación de CA, es una fuente auxiliar ampliada del modelo básico, cuya referencia es C0-00AC.



Figura 22 Fuente de alimentación PLC (Fuente [10])

La fuente de alimentación de CC utilizada en nuestra instalación es capaz de dar 1,3 amperios, lo cual podrá soportar un sistema de control PLC CLICK completamente poblado con todas las combinaciones posibles en Entradas y Salidas, sin tener que preocuparnos de la energía. Como podemos ver en la imagen anterior, contiene 5 terminales, dos de ellos es la tensión de salida “output” de 24 V DC, otros dos es la tensión de entrada 100-240V AC y el terminal del centro denominado G es la puesta a tierra.

## E.2 CPU

La CPU es el corazón del autómatas, es la encargada de ejecutar el programa. Recibe datos por el módulo de entrada, los procesa según la programación que se le haya implementado desde la consola de programación y envía las respuestas a través del módulo de salida.

La referencia de nuestra CPU empleada para nuestra instalación es C0-00DD1-D.

Esta CPU dispone de 8 entradas, 6 salidas, indicadores Led, un selector para activar o parar el programa y dos puertos RS-232 para transferir los datos de programación. Además dispone de 8KB de memoria suficiente para hacer nuestra programación.



Figura 23 CPU (Fuente [11])

Como podemos observar en la figura, tenemos un esquema de como tenemos que conectar nuestros dispositivos (sensores, actuadores...) en los diferentes terminales para su correcto funcionamiento. Si nos fijamos en las entradas, podemos ver que la alimentación se hace a 24 V DC, por lo que podemos usar el propio módulo de fuente de alimentación integrada en el autómatas. Sin embargo, en las salidas, se ve claramente que utiliza 2 tipos de fuente de tensión, donde la de 24 V DC será la misma utilizada en las entradas, y la de 5-27 V DC, será una fuente de alimentación compacta diferente cuya referencia es PSSE2410. Esta fuente, como ya se ha dicho, será la encargada de alimentar los actuadores de salida.

### E.3 Tarjeta de entradas y salidas

Como hemos podido observar, la propia CPU ya tiene integrado por defecto algunas entradas y salidas. Esto en realidad está muy bien para montajes eléctricos básicos y de poco volumen, pero en nuestro caso y mirando más a posibles ampliaciones en años próximos, hemos decidido ampliar este tipo de terminales y así solventar los posibles problemas que se puedan dar.

Por lo tanto, es también importante planificar anteriormente el espacio seleccionado para este tipo de módulos, ya que lo principal en un montaje eléctrico es la claridad y facilidad de la instalación del mismo.

La forma de conexión de estos módulos es muy sencilla y están preparados para albergarlos en carril DIN. En los laterales podremos observar que tienen una tapa negra de seguridad para proteger los terminales de conexión entre módulos de tal forma que se juntan lateralmente y posterior se les baja unas pletinas de sujeción para que no se separen entre ellos y se pierda la señal y alimentación entre los mismos.

-Modulo de entradas: La referencia del módulo de entradas utilizado es C0-16ND3. Tiene 16 terminales de entrada de tipo Sinking/Sourcing y 4 terminales comunes. Las entradas de este módulo funcionan con una tensión entre 21,6 – 26.4 V DC y que en nuestro caso utilizaremos el mismo modulo de alimentación integrado de 24 V DC.

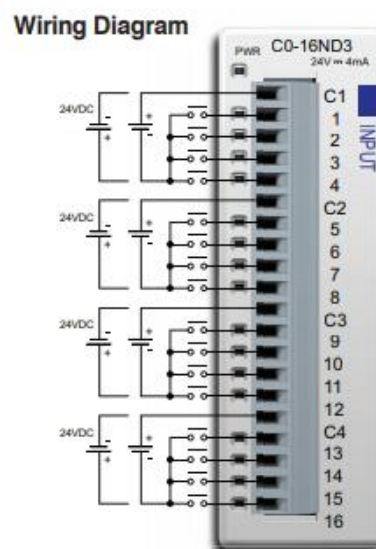


Figura 24 Tarjeta de entradas (Fuente [12])

**-Modulo de salidas:** La referencia del módulo de salidas utilizado es C0-08TR. Tiene 8 terminales de salida y 2 terminales comunes. Este módulo puede trabajar tanto en tensión alterna como en tensión continua (6-240V AC, 6-27V DC).

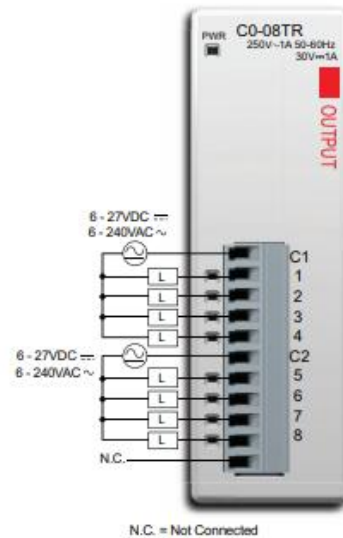


Figura 25 Tarjeta de salidas (Fuente [13])

Como hemos anunciado en puntos anteriores, es importante saber el funcionamiento de los módulos del autómatas porque en nuestro trabajo de fin de grado vamos a utilizar un variador de frecuencia por el cual vamos a mandarle señales digitales desde el autómatas. Entonces la pregunta que se plantea es:

### ¿Cómo funciona este tipo de autómatas de la marca CLICK?

Debemos tener en cuenta que los terminales de entradas y salidas de los módulos del autómatas ya sea de la CPU como de los módulos auxiliares, no dan una señal, es decir, no se obtiene ni una diferencia de potencial ni una corriente. Si nos fijamos en las figuras de a continuación se ve claramente que cuando es una entrada, cerramos el circuito a través de un pulsador o sensor, pero, cuando es una salida, el programa activa una bobina que cierra un relé interno. Por lo tanto, y como ya se ha dicho, lo que se produce es un cierre o apertura de un circuito.

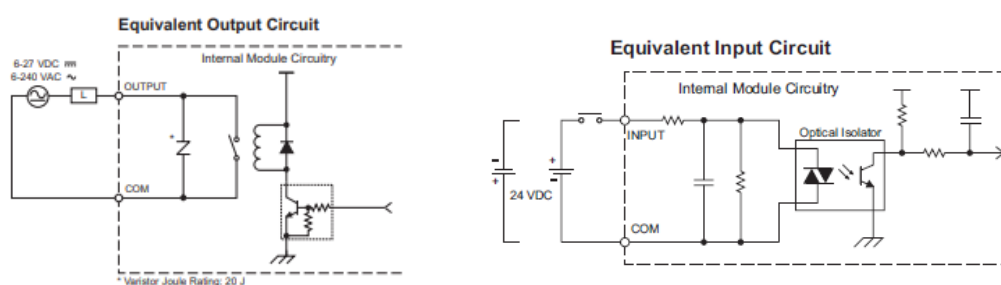


Figura 26 Esquemas funcionamiento entradas y salidas Autómatas



## F) Relé

Un relé es un dispositivo electromecánico que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un contacto o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

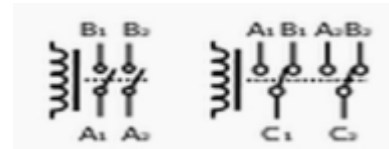
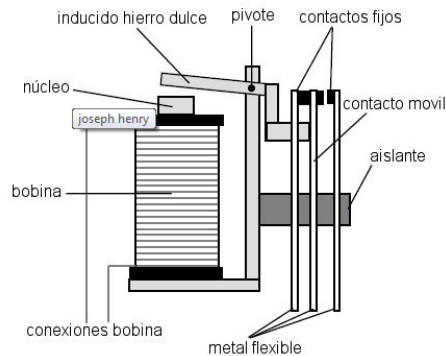


Figura 27 Funcionamiento y esquema de un Relé

Hoy en día existen muchos tipos de relés en el mercado, pero nosotros en este proyecto vamos a utilizar 4 relés de la marca Finder con referencia 40.50.9.009. Este tipo de relé tiene 2 contactos conmutados, donde cada uno de ellos tiene un contacto normalmente abierto (NO) y otro normalmente cerrado (NC). La tensión nominal de la bobina es de 9V DC. La tensión nominal entre sus contactos es de 250V V AC soportando como máximo 400 V AC, con una corriente nominal de 10 A. Nosotros en nuestro proyecto activaremos las bobinas con una tensión de 24V DC, tensión de sobra para activar nuestros relés sin tener que preocuparnos, ya que aguantan tensiones de entre 5-125 V DC.

Y, ¿Para qué utilizamos este tipo de relés?

La utilización de estos relés será el de mandar una señal digital de 9V DC desde el autómatas hasta las entradas digitales del variador de frecuencia. Nosotros, al activar la salida del autómatas lo que estamos haciendo es activar la bobina del relé, que a su vez, este cerrará el contacto normalmente abierto, lo que abrirá el paso de la tensión de la fuente de alimentación compacta variable llegando al propio variador.



Figura 28 Relé Finder (Fuente [14])

## G) Porta relés

El porta relés como su nombre indica tiene como función alojar el relé descrito anteriormente. Su finalidad es facilitar las conexiones de los terminales del relé y poder sujetarlo al cuadro mediante carril DIN. Es importante tener en cuenta que sea de la misma marca y el mismo diseño del relé.



Figura 29 Porta Relés (Fuente [15])

## F) Dispositivo Led

La función de estos dispositivos Led es la de señalar la activación de los relés descritos anteriormente. Esto es una buena forma de saber si la conexión está bien hecha. Se conectan al porta relés mediante 2 terminales ya preparados que interiormente se conectan en paralelo a la tensión de la bobina. La referencia de este dispositivo Led de la marca Finder es 99.02.0.024.59.



Figura 30 Dispositivo Led (Fuente [16])

## F) Dispositivo de señal LED

Para la señalización luminosa vamos a usar un dispositivo de señal LED. Este tipo de señalizaciones son muy utilizados en el ámbito industrial hoy en día. En este montaje la vamos a utilizar para decir en qué estado se encuentra nuestra línea de montaje en función del color del mismo. La idea principal para este trabajo era el de poner una baliza de señalización. El problema de las balizas de señalización es su elevado precio, siendo imposible e innecesario adquirir una si la idea principal es ajustar el presupuesto lo máximo posible. Por lo tanto, hay que buscar la manera de reemplazar la baliza de señalización por algo que haga la misma función, y eso lo logramos con el dispositivo de señal LED. Este dispositivo de señal LED tiene la ventaja de ser más económico que las balizas de señalización, además, reducimos el espacio en un 75%. También una de sus ventajas es que, teniendo tres colores iniciales posibles (Rojo-Azul-Verde), podemos combinarlos entre sí creando  $2^3$  posibilidades de colores en total. Hay que recalcar que una de las posibilidades sería tener todos los contactos apagados, por tanto tenemos siete diferentes tipos de color luminoso.

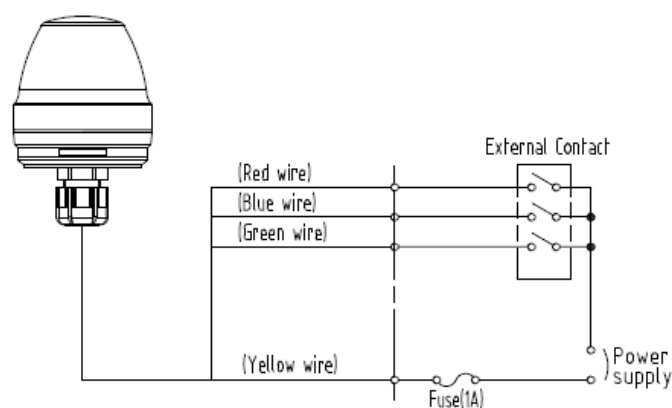
Wiring Example

Figura 31 Funcionamiento Dispositivo de señal LED

El montaje de este señalizador de LED es muy sencillo. Como podemos ver, tiene 4 cables, donde uno de ellos es el de alimentación (amarillo) y los otros 3 son el tipo de color. Gracias al autómatas, nosotros podemos elegir el color cerrando los contactos del mismo mediante programación, pero además, podemos hacer que la señal sea continua e intermitente. El tipo de colores se muestra a continuación:

Color Chart

Wiring	LED Color
RED	Red
GREEN	Green
BLUE	Blue
Red + Green	Yellow
Blue + Green	Cyan
Red + Blue	Purple
Red+Green+Blue	White

Figura 32 Esquema colores

Lo más importante a la hora de colocar este tipo de señalizaciones es que deben ir ubicados con la máxima visibilidad posible para el operario sin afectar en su trabajo. Por lo tanto, la ubicación mejor pensada para este dispositivo es en la parte superior izquierda del cuadro eléctrico, de tal forma que el recorrido de cables hasta el autómata sea el mínimo posible. Para sujetarlo al mismo se ha hecho un orificio pasante, que gracias a un tapón que trae de fábrica, se sujeta al mismo firmemente sin la necesidad de taladrarlo a la chapa.



*Figura 33 Dispositivo Señal LED (Fuente [17])*

#### G) Zumbador

El zumbador eléctrico es un indicador sonoro que funciona a 24 V AC o DC. Esta fabricado en material de plástico y es capaz de llegar a un nivel de sonido de 85 decibelios a un metro de distancia. La referencia del modelo es AD22-22MK-24. Tiene la opción de ponerle un soporte de 22mm en la cabeza del mismo para su sujeción, pero que en nuestro caso, hemos decidido sujetarlo dentro de las canaletas de plástico del cuadro eléctrico.

Este dispositivo lo vamos a utilizar para complementar la señalización lumínica. Como explicaremos en el apartado del funcionamiento y programación de la línea de montaje, en función de en qué estado se encuentre (manual o automático) emitirá un sonido diferente. También este dispositivo zumbador se puede utilizar para avisar al operario, de tal forma que si una pieza llega al destino final de la cinta transportadora y pasa un tiempo sin recogerla, este emita un sonido.



*Figura 34 Zumbador (Fuente [18])*

#### H) Bornes de conexión

Los bornes son dispositivos de conexión cuya finalidad es el de conectar circuitos externos al mismo cuadro eléctrico. Nosotros en este trabajo hemos utilizado bornes de fase de  $2,5\text{mm}^2$  de color gris, soportando una tensión máxima de 690V y una intensidad máxima de 21 A. También existe la posibilidad de adquirir bornes de color azul para el neutro y amarillo-verde para el de tierra. La utilización de los diferentes colores en los bornes es una forma de ordenar y diferenciar los cables del cuadro eléctrico, pero en nuestro caso no lo hemos visto necesario puesto que tenemos los cables identificados correctamente.

Estos bornes vienen preparados para sujetarlos en carril DIN, y, al final de los extremos tienen la opción de colocar topes laterales cuya finalidad es el de cerrar el ultimo borne de conexión para evitar posibles descargas eléctricas.

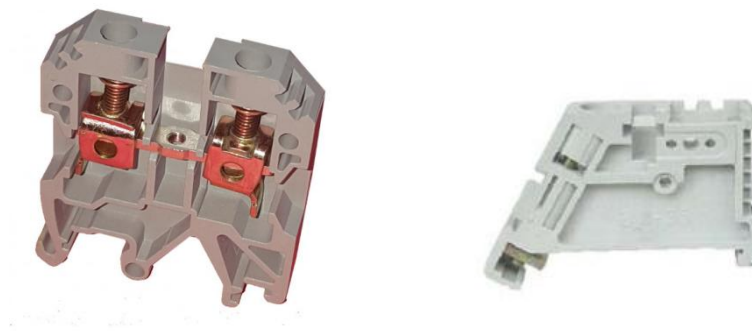


Figura 35 Borne de conexión y Tapa de fin de Bornes (Fuente [19])

#### I) Elementos de señalización y punteras aisladas

Los elementos de señalización se usan para la identificación de cables en instalaciones eléctricas. Los utilizados en este trabajo son señalizadores precortados sin marcaje, de tal forma que permiten escribir sobre él. El diámetro a elegir dependerá de la sección de cables que en nuestro caso van desde  $1\text{mm}^2$  hasta  $2,5\text{mm}^2$ . Las punteras aisladas son punteras huecas donde se introducen los cables y mediante una grapadora fijamos dicha puntera para facilitar las conexiones de la instalación eléctrica. Los diámetros utilizados van desde  $1\text{mm}^2$  hasta  $2,5\text{mm}^2$ .



Figura 36 Elementos de señalización de cables y punteras aisladas (Fuente [20] y [21])

#### J) Variador de frecuencia

Los motores eléctricos juegan un papel muy importante en nuestras vidas ya que controlan un gran porcentaje de lo que necesitamos para nuestro trabajo o actividades de ocio. Todos estos motores funcionan con electricidad y necesitan una cantidad determinada de energía eléctrica para poder realizar su trabajo de proporcionar par y velocidad. La velocidad de un motor debe coincidir exactamente con la que exige el proceso y usar solo la energía necesaria. Por lo tanto, un variador de frecuencia por definición es un regulador industrial que se encuentra entre la alimentación y el motor regulando así la energía ajustada mediante la frecuencia y tensión.

Hoy en día en el mercado podemos encontrar muchos tipos de variadores de frecuencia. Para este trabajo de fin de grado, hemos escogido un variador de frecuencia de la marca SIEMENS, en concreto de la serie SINAMICS V20. La particularidad de este tipo de variadores es que teniendo una tensión de entrada monofásica a 230 V AC, saca una tensión trifásica directamente al motor, siendo una ventaja para nuestro proyecto ya que se puede conectarlo a la red en cualquier lugar.

Este tipo de variadores tienen muchas características, pero lo primero que nos tenemos que preguntar a la hora de escoger nuestro variador de frecuencia es:

¿Qué potencia debo elegir?

Lo primero que nos tenemos que fijar es en la potencia nominal en la que puede trabajar ese variador. Así que, es muy importante saber los datos del motor que vamos a utilizar. En este trabajo utilizaremos un motor con una potencia nominal de 90W. Más adelante veremos las demás características del motor.

Una vez que sabemos la potencia nominal de nuestro motor, escogemos un variador de frecuencia con una potencia nominal superior. En nuestro trabajo hemos elegido el variador SIEMENS V20-6SL3210-5BB11-2UV0 que tiene una potencia nominal de trabajo de 120W.

Posiblemente este tipo de variadores de frecuencia no sean de lo mejor que haya en el mercado hoy en día pero hay que decir que vienen muy bien equipados. Es ideal para uso en aplicaciones estándar en la industria como pueden ser bombas, ventiladores, compresores o incluso cintas transportadoras, para los que son altamente versátiles.

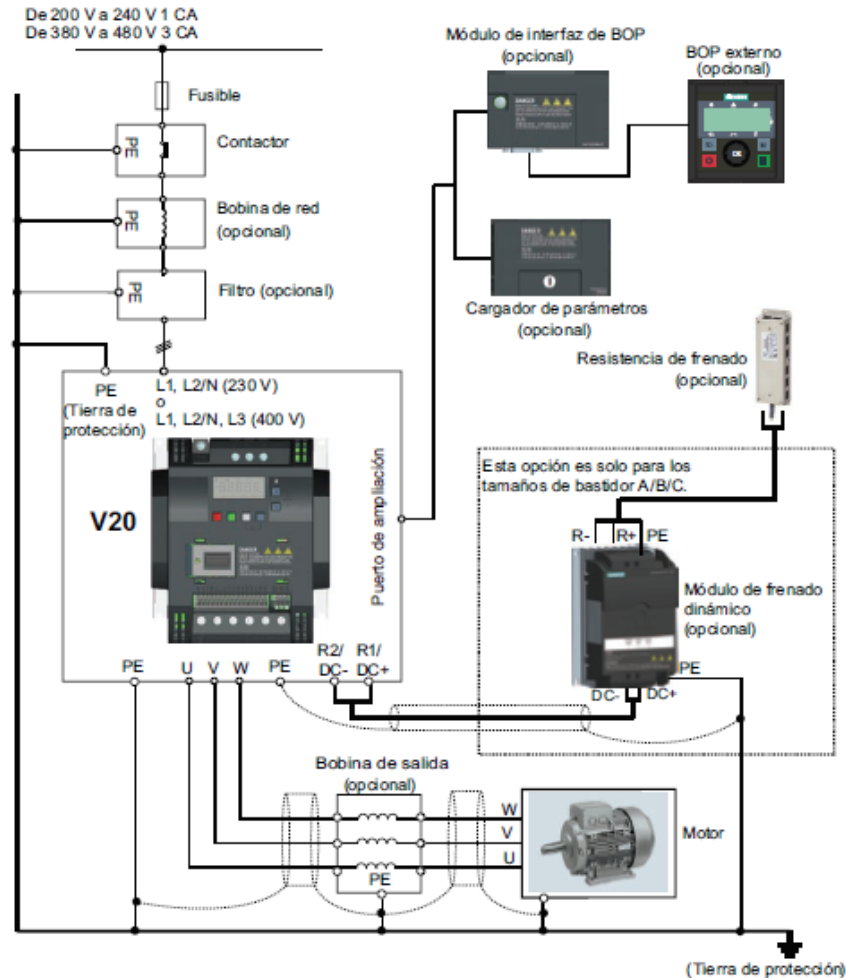
**Esquema general de una instalación típica con variador de frecuencia**

Figura 37 Esquema general de instalación del variador de frecuencia

Esta imagen representa una configuración general de una instalación eléctrica con un variador de frecuencia. Como podemos observar tenemos bastantes dispositivos opcionales para añadir a nuestro variador de frecuencia que en nuestro caso no vamos a utilizar para ahorrar en costes lo máximo posible. Por lo tanto, nos vamos a centrar solo en la explicación general de nuestro variador de frecuencia.

### Características y tipos de variador de frecuencia

En los variadores de frecuencia de la marca SIEMENS, tenemos dos variantes generales a elegir según la tensión de alimentación de entrada, trifásica o monofásica, pero como ya explicamos en puntos anteriores esto es un trabajo de fin de grado de lo más sencillo donde sobre todo buscamos ajustarnos al presupuesto lo máximo posible y ahorrar en costes. Además este proyecto estará presente en la asignatura de Robótica y Autómatas Programables por lo que la ubicación del mismo será el aula de laboratorio donde la mayoría de nuestras bases de enchufes por no decir todas son de tensión monofásica. Por lo tanto, la variante de nuestro variador de frecuencia escogido es 230 V AC monofásica.

En esta variante elegida de 230 V AC monofásica tenemos 3 tipos de variadores según el tamaño de nuestro bastidor:

- Tipo A: son variadores sin ventilador con potencias desde 0,12kW hasta 0,75kW.
- Tipo B: son variadores con ventilador con potencias de 1,1kW y 1,5kW.
- Tipo C: también son variadores con ventilador pero estos cubren potencias mayores de 2,2kW y 3,0kW.



Figura 38 Tipos de variador de frecuencia (Fuente [22])

Como dijimos en puntos anteriores, el motor que vamos a usar tiene una potencia nominal de 90 W lo que nos obliga a que elijamos un variador de frecuencia de potencia nominal inmediatamente superior. El variador de frecuencia elegido es de tipo A sin ventilador con una potencia nominal de 0,12kW (120W) con referencia 6SL3210-5BB11-2UV0.

Este tipo de convertidores deben montarse en un área cerrada o en un armario eléctrico de control como es en nuestro caso, dejando un espacio libre superior e inferior de unos 100mm como mínimo. En nuestro armario eléctrico lo colocaremos directamente a la placa de montaje sin usar carril DIN. La ubicación del mismo será de tal forma que busquemos la comodidad del cableado para la comunicación con el autómata pero también para la salida de cables hacia el motor. También podemos observar su placa de características que se encuentra en el perfil derecho y es ahí donde podemos ver las características del convertidor, por ejemplo, la versión del hardware, número de referencia e incluso si lleva el certificado



européo de conformidad entre muchas otras cosas. Para más información mirar el plano adjunto de la distribución del cuadro eléctrico.

A continuación describiremos la disposición de los bornes y puerto del automático:

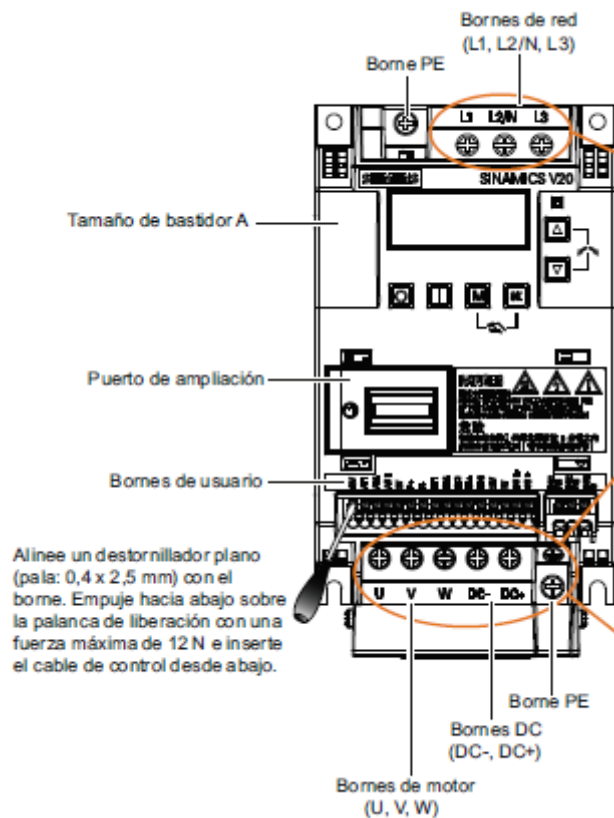


Figura39 Bornes variador de frecuencia

- Borne PE: Es el borne de protección de tierra.
- Borne de red: En estos bornes conectaremos la tensión de entrada que en nuestro caso será monofásica (L1, N).
- Puerto de ampliación: Puerto para comunicación con PLC y esclavos.
- Bornes de usuario: Bornes para comunicación con entradas y salidas digitales o analógicas.
- Bornes del motor: En estos bornes haremos la conexión con el motor trifásico.
- Bornes DC: Estos bornes son para conectar un modulo de frenado dinámico.

El tipo de cable y la sección a utilizar esta debidamente descrita en el apartado de cables y en los planos adjuntos.

### **Tipos de comunicación PLC-variador de frecuencia**

La comunicación PLC-variador de frecuencia podemos hacerla de 2 tipos:

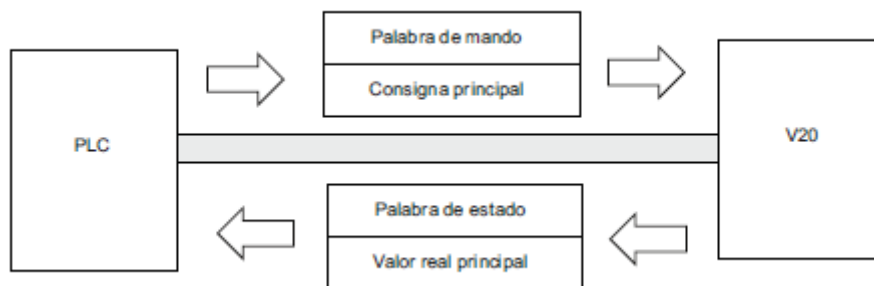
1. Mediante Puerto de ampliación
2. Mediante las bornes de usuario

#### *- Comunicación mediante puerto de ampliación*

Sinamics V20 admite la comunicación con PLC a través de USS por RS485 o mediante MODBUS RTU.

La comunicación USS es el ajuste predeterminado del bus que permite la comunicación mediante par trenzado apantallado donde este tipo de configuración es capaz de conectar un PLC (maestro) con un máximo de 31 convertidores (esclavos) mediante una interfaz serie y controlados con el protocolo de bus serie USS. Es importante saber que un esclavo no puede transmitir datos sin antes pedirlos el maestro, de modo que no es posible la transferencia directa de información entre los diferentes esclavos.

El intercambio de datos sería:



*Figura 40 Esquema comunicación Autómata-Variador*

La forma de envío de los mensajes se explica claramente en las instrucciones de servicio del convertidor SIEMENS.

La importancia de este tipo de comunicación entre el PLC y el convertidor es la simplificación de cables en nuestra instalación eléctrica. Con un cable par trenzado podríamos dar todas las órdenes al variador ahorrando espacio y en costes en material, pero debido a la escasez de tiempo en poder estudiar este tipo de comunicación, hemos decidido comunicarlo mediante entradas y salidas digitales y analógicas que veremos en el siguiente apartado.

- *Comunicación mediante entradas y salidas digitales y analógicas*

Como podemos recordar de puntos anteriores, esta será nuestra forma de comunicación entre el PLC y convertidor. En la parte del PLC tenemos los módulos de entradas y salidas, y en la parte del convertidor o variador de frecuencia tenemos los bornes de usuario, que a través de cables debidamente conectados, comunicaremos y mandaremos las órdenes oportunas para que nuestro principio de línea de montaje funcione como nosotros queramos.

Los bornes de usuario de nuestro convertidor son los siguientes:

**Bornes de usuario**

10V	AI1	AI2	AO1	0V	P+	N-	DI1	DI2	DI3	DI4	DIC	24V	0V	DO1+	DO1-	DO2 NC	DO2 NO	DO2 C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

B1: Salida de 10V

B2, 3: Entradas analógicas

B4: Salida analógica

B5, 14: 0V

B6, 7: P+ y N-

B8, 9, 10, 11, 12: Entradas digitales

B13: 24V









B15, 16: Salida digital (transistor)

B17, 18, 19: Salida digital (relé)

Como podemos observar tenemos 19 bornes a nuestra disposición de los cuales nosotros solo utilizaremos 7 para nuestro trabajo, en concreto las 4 entradas digitales y las 2 entradas analógicas con el borne de 10V. La explicación de por qué usamos estas es muy sencilla, pero antes de adentrarnos a explicar esta parte, tenemos que explicar la estructura interna de nuestro convertidor y la programación del mismo de tal forma que quede correctamente programado para una puesta en marcha sencilla y correcta.

**Puesta en marcha y programación del convertidor**

Lo primero que debemos tener en cuenta en este apartado es el BOP integrado. El BOP integrado es el conjunto de botones y pantalla LCD que tiene nuestro variador de frecuencia para que podamos programar, operar y visualizar cualquier fallo o alarma. Las funciones de cada botón pueden darnos una reacción diferente según el tiempo de pulsación, pero a modo de descripción rápida vamos a ver las funciones generales más comunes:

-  : Detiene el convertidor.
-  : Arranca el convertidor.
-  : Botón multifunción: Este botón va a desplazarnos por los diferentes menús.
-  : El botón de OK confirma edita rápido los valores como borra los fallos.
-  +  : La función de estos 2 botones juntos cambia los distintos modos de funcionamiento (Hand/Job/Auto).
-  +  : Desplazamiento por el menú del convertidor.

Como hemos dicho estas funciones de los botones son las más comunes y simples que podemos encontrar, ya que debido al tipo de pulsación (corta o larga) el campo de funciones se hace más grande. A modo de hacernos una idea general está bien, pero si queremos conocer más tipos de funciones deberemos ir a las instrucciones de servicio que es allí donde la explicación es más detallada.

También es importante nombrar a modo general los iconos de estado de nuestro convertidor que podemos ver en la siguiente imagen:










	El convertidor tiene como mínimo un fallo pendiente.	
	El convertidor tiene como mínimo una alarma pendiente.	
	 :	El convertidor está funcionando (la frecuencia del motor puede ser 0 rpm).
	 (parpadea):	El convertidor se puede energizar de forma inesperada (por ejemplo, en modo de protección antiescarcha).
	El motor gira en la dirección inversa.	
	 :	El convertidor está en modo HAND.
	 (parpadea):	El convertidor está en modo JOG.

Figura 41 Esquema de iconos del variador

Estos iconos nos dan alarmas y fallos generales junto con una palabra en el display del convertidor. Para saber qué tipo es y la causa del fallo o alarma podemos ver el apartado 8 de las instrucciones de servicio donde nos explica claramente la causa y el remedio a poner.

Una vez que tenemos una idea general de nuestro convertidor pasamos a la puesta en marcha. Cuando encendemos por primera vez el convertidor o hacemos un restablecimiento de fábrica configuramos la frecuencia con la que trabajamos en nuestro sistema. Este es un paso previo a los menús generales y una vez configurado no nos volverá a preguntar y se quedará guardado en el sistema, a no ser, como hemos dicho antes, que hagamos un restablecimiento. En nuestro caso la frecuencia a trabajar es 50Hz.

Una vez fijada la frecuencia, podemos dividir la configuración de nuestro variador de frecuencia en 3 menús generales:

- menú de visualización: Vista de vigilancia básica de parámetros clave
- menú de configuración: Permite acceder a los parámetros para la puesta en marcha rápida.
- menú de parámetros: Permite acceder a todos los parámetros disponibles del convertidor.

De estos 3 menús generales, en el que nosotros vamos a poner nuestra mayor atención para nuestra programación es en el menú de configuración. El menú de visualización es el que tenemos que poner para ver el funcionamiento correcto de nuestro sistema cuando nuestra línea de montaje esté en marcha, y el menú de parámetros es en el que podemos acceder a todas las funciones de nuestro convertidor pudiendo modificar una por una. Este último menú de parámetros no lo vamos a usar hasta que configuremos primero la puesta en marcha (menú de configuración). Después de tener una programación general de nuestro convertidor, sí que lo usaremos para hacer varios retoques en alguno de las salidas para darle un uso diferente al que viene por defecto.

### Menú de configuración

El menú de configuración es el menú que nos guía por los pasos principales necesarios para la puesta en marcha rápida del convertidor. Este menú se compone de cuatro submenús que explicaremos cada uno de ellos paso por paso.

#### 1. Configuración datos del motor

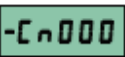
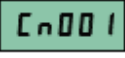
En este apartado definimos los parámetros nominales del motor que vamos a utilizar. Los parámetros nominales a introducir son la frecuencia, tensión, corriente, potencia, factor de potencia, eficiencia y velocidad. El motor a utilizar en este proyecto se explica más adelante.

## 2. Configuración de macros de conexión

Antes de empezar a explicar la parte de macros de conexión es importante saber que una vez que elegimos un macro de conexión, este se queda guardado en la memoria del convertidor. Si nos hemos equivocado o queremos elegir otro tipo de macro de conexión que se ajuste más a la demanda del programador, deberemos hacer un restablecimiento de fábrica para impedir que provoque un funcionamiento no controlado. Una vez que sabemos que puede tener errores y fallos de funcionamiento el convertidor debido a la mala configuración por no seguir los pasos correctos, pasaremos a explicar que son los macros de conexión y que tipos podemos encontrar en el convertidor.

Los macros de conexión son configuraciones por defecto de nuestro convertidor. Este tipo de configuraciones están preparadas para utilizarlas con los bornes de usuario de tal forma que podemos hacer una configuración rápida eligiendo el tipo de macro que más se adapte a nuestra demanda de proyecto. Esto no quiere decir que si elegimos un macro de conexión cualquiera tenga que ser usado exactamente de la forma en la que viene por defecto. Nosotros en principio ponemos como base de programación un macro de conexión, y luego a partir de ahí, podemos hacer retoques en cada entrada o salida para así buscar el resultado idóneo para nuestra instalación.

Los macros por defecto de nuestro convertidor son los siguientes:

Macro de conexión	Descripción	Pantalla de ejemplo
Cn000	Ajuste predeterminado de fábrica. No hace cambios en los parámetros.	  El signo menos indica que esta macro es la macro seleccionada actualmente.
Cn001	BOP como la única fuente de regulación.	
Cn002	Control desde los bornes (PNP/NPN).	
Cn003	Velocidades fijas.	
Cn004	Modo binario de velocidad fija.	
Cn005	Entrada analógica y frecuencia fija.	
Cn006	Control con pulsador externo.	
Cn007	Pulsador externo con consigna analógica.	
Cn008	Regulación PID con referencia de entrada analógica.	
Cn009	Regulación PID con referencia de valor fija.	
Cn010	Regulación USS.	
Cn011	Regulación MODBUS RTU.	

Viendo la cantidad de macros que podemos elegir, el que más encaja para el funcionamiento de nuestro principio de línea de montaje es el macro de conexión Cn005. La elección de este tipo de macro no quiere decir que este sea el único para nuestra instalación. Pero tenemos que partir de una base general, viendo que queremos que haga nuestra línea de montaje para después decidir qué tipo de configuración del convertidor encaja más para nuestra instalación. Esto no quita que en un futuro y a modo de aprendizaje, se quiera cambiar el funcionamiento de la línea de montaje, y por tanto, cambiar el macro de conexión tantas veces como sea necesario, ya que como hemos dicho, este trabajo de fin de grado trata de ser una motivación para que los alumnos de próximos cursos aprendan a programar.

Por lo tanto el macro de conexión elegido Cn005 “Entrada analógica y frecuencia fija” y su esquema es que podemos ver a continuación:

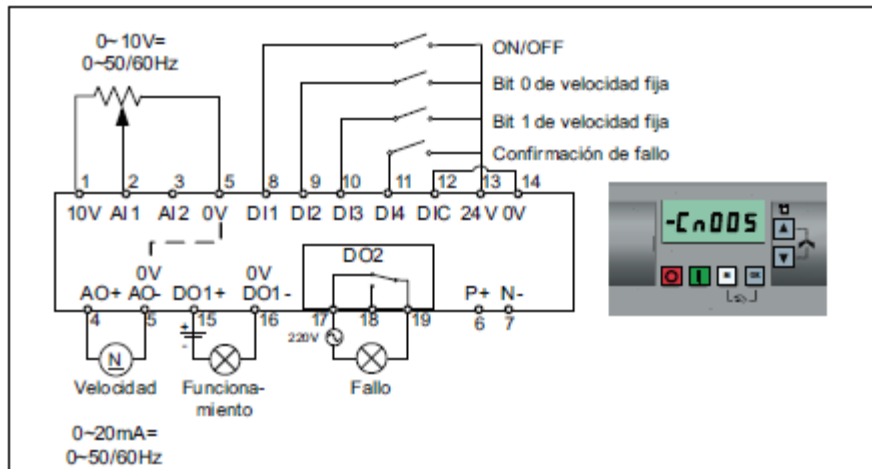


Figura 42 Esquema configuración macro Cn005

Para la explicación de este esquema vamos a dividirlo en 3 zonas.

La primera zona es la zona de entradas analógicas. Esta zona la vamos a usar para mover nuestro motor a la velocidad que queramos mediante un potenciómetro usando una tensión continua de 0 a 10 V. Nosotros en particular utilizaremos el potenciómetro ubicado en la botonera de mando y control donde variaremos la resistencia cambiando así la tensión. Esta tensión será de entrada al terminal “2”, que será el encargado de modificar la velocidad de nuestro motor, siendo la velocidad mínima (0V=0Hz) y la velocidad máxima (10V=50Hz).

La segunda zona es la zona de las entradas digitales. Como podemos observar en nuestro esquema, cada entrada digital tiene una función específica donde su significado está claro.

- Terminal 8: puesta en marcha o paro del convertidor.
- Terminal 9: velocidad 1.
- Terminal 10: velocidad 2.
- Terminal 11\*: confirmación de fallo.

La tercera y última zona son los bornes de la parte inferior del esquema. Esta zona viene configurada por defecto, y como podemos ver está indicada a señalizarnos si el funcionamiento del convertidor es correcto y la velocidad que lleva nuestro motor en tiempo real. En nuestro trabajo estos terminales no los vamos a usar por motivos de presupuesto.

Es importante saber que cada macro de conexión trae consigo una tabla de parámetros donde se puede observar la descripción de todos y cada uno de los bornes utilizados y sus ajustes predeterminados. Tabla de configuración de macros de conexión:

Parámetro	Descripción	Ajustes predeterminados de fábrica	Ajustes predeterminados de Cn005	Observaciones
P0700[0]	Selección de la fuente de señales de mando	1	2	Bornes como fuente de señales de mando
P1000[0]	Selección de frecuencia	1	23	Frecuencia fija + consigna analógica
P0701[0]	Función de la entrada digital 1	0	1	ON/OFF
P0702[0]	Función de la entrada digital 2	0	15	Bit 0 de velocidad fija

Parámetro	Descripción	Ajustes predeterminados de fábrica	Ajustes predeterminados de Cn005	Observaciones
P0703[0]	Función de la entrada digital 3	9	16	Bit 1 de velocidad fija
P0704[0]	Función de la entrada digital 4	15	9	Confirmación de fallo
P1016[0]	Modo de frecuencia fija	1	1	Modo de selección directa
P1020[0]	BI: Bit 0 de selección de frecuencia fija	722.3	722.1	DI2
P1021[0]	BI: Bit 1 de selección de frecuencia fija	722.4	722.2	DI3
P1001[0]	Frecuencia fija 1	10	10	Velocidad fija 1
P1002[0]	Frecuencia fija 2	15	15	Velocidad fija 2
P1074[0]	BI: Deshabilitación de consigna adicional	0	1025.0	FF deshabilita la consigna adicional
P0771[0]	CI: Salida analógica	21	21	Frecuencia real
P0731[0]	BI: Función de la salida digital 1	52.3	52.2	Convertidor en funcionamiento
P0732[0]	BI: Función de la salida digital 2	52.7	52.3	Fallo del convertidor activo

Figura 43 Tabla configuración de distintos macros

Como dijimos anteriormente, utilizamos un macro de conexión para poner una base lo más parecida posible al modo en que nosotros queramos que funcione nuestra instalación. Esto no quiere decir que tenga que funcionar tal y como viene dado por defecto nuestro macro escogido. Nosotros hemos modificado algunos parámetros que explicaremos a continuación:

Echando un vistazo a la tabla, el primer parámetro que nos aparece y que tenemos que tener en cuenta, es el de selección de fuente de señales. Como dijimos al principio, nosotros vamos a utilizar los bornes de usuario para la comunicación entre dispositivos, por lo tanto este parámetro está correctamente configurado.

La idea de nuestro funcionamiento de la cinta transportadora en un principio era simplemente activarla y desactivarla en función de que una pieza u objeto llegase al final de la misma. Visto que nosotros en este macro de conexión podemos utilizar 2 velocidades distintas, se nos ocurrió la idea de tener una velocidad rápida y otra lenta. El fin de usar 2 velocidades hace que intentemos buscar otro tipo de funcionamiento, de tal forma que usemos la velocidad rápida en la mayoría del recorrido para agilizar la producción de piezas, y que, antes de llegar al tramo final, activemos la velocidad lenta para la llegada de la pieza sin frenar bruscamente. Así pues, debemos de configurar las velocidades fija 1 y 2 de tal forma que



nosotros le demos las rpm que queramos. Para ello, cambiaremos los parámetros P1001 y 1002 dándoles el valor que nosotros creamos el más apropiado. También podemos observar que tenemos una entrada digital ON/OFF. Esta entrada es una entrada de seguridad para nuestra cinta transportadora, de tal forma que si esta entrada esta desactivada, el motor que da movimiento a la cinta transportadora jamás se activara.

La entrada digital 4 va ligada con el indicador de “fallo” conectado en los terminales 17 y 19. En este proyecto no hemos creído necesario utilizar este indicador ya que tenemos el indicador Led de señalización descrito anteriormente. Así pues, viendo que es posible configurar cada terminal por separado dándole el uso que nosotros queramos, hemos pensado que para este proyecto es interesante tener una inversión de giro del motor para poder mover la cinta en las dos direcciones posibles. Por lo tanto, cambiaremos el valor predeterminado del parámetro en función de la entrada digital 4 “P0704” para el macro de conexión Cn005. Si miramos en las instrucciones de servicio en el apartado de entradas digitales, tenemos un esquema con todas las posibles configuraciones que le podemos dar a cada entrada. Por defecto, este macro tiene el valor 9 que es la ya nombrada “confirmación de fallo” por el cual nosotros la cambiaremos por el valor 12 que es el de “inversión”. Este cambio hará que cambie la dirección de movimiento, de tal forma que no será necesario hacer una instalación eléctrica con 2 contactores trifásicos cambiando una fase a uno de ellos para invertir el sentido de giro del motor.

Función	Rango	Ajustes predeter minados de fábrica	Se puede cambiar	Escalado	Juego de datos	Tipo de datos	Nivel de acceso
1		ON/OFF1					
2		ON invert./OFF1					
3		OFF2: Parada natural					
4		OFF3: Deceleración rápida					
9		Confirmación de fallo					
10		JOG a la derecha					
11		JOG a la izquierda					
12		Inversión					
13		Subir MOP (elevar frecuencia)					
14		Bajar MOP (reducir frecuencia)					
15		Selector de frecuencias fijas bit 0					
16		Selector de frecuencias fijas bit 1					
17		Selector de frecuencias fijas bit 2					
18		Selector de frecuencias fijas bit 3					
22		Fuente parada rápida 1					
23		Fuente parada rápida 2					
24		Corrección de parada rápida					
25		Habilitación freno por DC					
27		Habilitación de PID					
29		Disparo externo					
33		Deshabilitar consigna de frecuencia adicional					
99		Habilitar parametrización BICO					

Figura 44 Tabla configuración entradas digitales

### 3. Configuración de macros de aplicación

En este apartado se habla de los macros de aplicación, que, como su nombre indica, este apartado está diseñado para configurar los diferentes parámetros en función de la aplicación que queramos usar nuestro convertidor. En este menú se definen determinadas aplicaciones comunes donde cada macro de aplicación proporciona un juego de ajustes de parámetros para una aplicación específica. Como hemos comentado en el punto anterior de macros de conexión, en este apartado pasa exactamente lo mismo, si ninguno de los macros se ajusta a la aplicación que queremos, se puede seleccionar el que más se acerque a nuestro objetivo y después aplicar cambios en los parámetros.

En la siguiente tabla podemos ver los diferentes macros de aplicación.



Macro de aplicación	Descripción	Pantalla de ejemplo
AP000	Ajuste predeterminado de fábrica. No hace cambios en los parámetros.	  El signo menos indica que esta macro es la macro seleccionada actualmente.
AP010	Aplicaciones de bombas sencillas	
AP020	Aplicaciones de ventiladores sencillas	
AP021	Aplicaciones de compresores	
AP030	Aplicaciones de cintas transportadoras	

Figura 45 Tabla configuración macros de aplicación

Como podemos observar, tenemos 4 diferentes tipos de aplicaciones, donde una de ellas es la que se ajusta a nuestro proyecto. Por lo tanto el macro de aplicación a elegir es el AP030. Una vez que elegimos este campo de aplicación podemos observar en la siguiente tabla los parámetros por defecto que se aplican para este tipo de macro.

Macro de aplicación AP030: Aplicaciones de cintas transportadoras

Parámetro	Descripción	Ajustes predeterminados de fábrica	Ajustes predeterminados de AP030	Observaciones
P1300[0]	Modo de regulación	0	1	U/f con FCC
P1312[0]	Elevación en arranque	0	30	La elevación solo es efectiva al acelerar por primera vez (parada)
P1120[0]	Tiempo de aceleración	10	5	Tiempo de aceleración desde cero hasta la frecuencia máxima
P1121[0]	Tiempo de deceleración	10	5	Tiempo de deceleración desde la frecuencia máxima hasta cero

Figura 46 Tabla aplicación cinta transportadora

Estos parámetros que vienen por defecto al elegir el macro de aplicación es algo que nosotros no hemos querido modificar debido a que, haciendo las pruebas de funcionamiento de nuestra cinta transportadora, vemos que el resultado es óptimo. Hay que tener en cuenta que nuestra cinta transportadora tiene un tamaño más pequeño de lo normal debido a que es un prototipo y por tanto, estos valores no se perciben tanto como si fuera una cinta industrial grande.

#### 4. Configuración de parámetros comunes

La función de este menú es proporcionar algunos parámetros comunes para la utilización del rendimiento del motor. A este apartado no le vamos a dar importancia ya que con la configuración de los apartados anteriores nuestra línea de montaje va a funcionar en las mejores condiciones. Estos parámetros podemos verlos en 5.5.1.5 de las instrucciones de servicio.

##### K) Cableado del cuadro eléctrico

En este apartado vamos a hablar del cable utilizado en el cuadro eléctrico para la conexión de toda la instalación del cuadro. En el cableado del cuadro eléctrico tenemos que diferenciar 2 partes fundamentales: cableado de conexión de alimentación de dispositivos y de señal.

En el cableado para la alimentación de equipos (bases de enchufe, variador, automático) utilizamos cable unipolar de  $2,5 \text{ mm}^2$ , aislante de 750 V libre de halógenos de tipo H07Z1-K(AS). Utilizaremos color negro, marrón o gris (fase), azul (neutro) y verde-amarillo (tierra).

Llamamos cableado de señal al que utilizamos en el automático y en el variador de frecuencia. Este tipo de cable es de color rojo y está indicado para automatismos industriales en armarios eléctricos. La sección es de  $1 \text{ mm}^2$  con aislante de 500 V libre de halógenos de tipo ES05Z1-K.



*Figura 47 Cableado Cuadro Eléctrico*

### 2.2.2 Botonera de mando

En este apartado vamos a ver la parte eléctrica de la botonera de mando. Esta es una de las partes más importantes de la instalación ya que es aquí donde se encuentran todos los selectores. Gracias a ellos, vamos a poder controlar e iniciar todos los movimientos de nuestra línea de montaje mediante una correcta programación.

Inicialmente, como hemos explicado en la parte mecánica, tenemos una carcasa de superficie con cinco orificios. Cuatro de esos orificios vienen ya por defecto preparados para hacer un montaje superficial, y el quinto orificio ya explicado anteriormente, se encuentra en la parte lateral del mismo para colocar un potenciómetro.

Para este trabajo utilizaremos todos nuestros elementos de la marca Eaton. Los dispositivos que vamos a poner en la botonera son:

- Dos pulsadores.
- Un selector.
- Un pulsador de emergencia.
- Un potenciómetro.

#### A. Pulsadores

En dos de los cuatro orificios que vienen por defecto en la botonera de mando, vamos a colocar un pulsador completo. Cuando hablamos de pulsadores completos nos referimos a 3 partes fundamentales: el pulsador, el adaptador y el contacto.

Los pulsadores que vamos a usar son pulsadores no enclavados, de tal forma que una vez que pulsamos vuelven a su estado original. Tienen 22,5mm de diámetro y están preparados para los orificios de la botonera de mando. Cumplen con todas las normas internacionales de uso y son adecuados gracias a su grado de protección IP67 / IP 69K. Sus referencias son:

- Pulsador Eaton 216596 – M22 – D – G (verde)
- Pulsador Eaton 216594 – M22 – D – R (rojo)



Figura 48 Pulsadores (Fuente [23] y [24])

En un principio, la utilización de estos dos pulsadores solamente es el poner en marcha (verde) y parar (rojo) la línea de montaje.

#### B. Selector-Interruptor

El selector utilizado es un selector interruptor enclavado donde nosotros podemos seleccionar dos posiciones (0-60 grados). Es un dispositivo de 22,5mm de diámetro con un grado de protección IP 66. Tenemos la opción también de comprarlo sin enclavamiento, pero para nuestro trabajo es interesante que se mantengan las posiciones fijas ya que como explicaremos más adelante, tendremos dos estados de funcionamiento (manual y automático).

EL selector de posición escogido es de la marca Eaton de color blanco cuya referencia es 216823 – M22 – WRLK – W.



*Figura 49 Selector-Interruptor (Fuente [25])*

#### C. Pulsador de emergencia

Al hablar de pulsador de emergencia nos viene a la cabeza las palabras peligro o accidente. Este apartado es bastante complejo de explicar, ya que los pulsadores de emergencia no son simples circuitos normales como otro cualquiera. Siendo breves hemos de decir que en este trabajo de fin de grado, el circuito del pulsador de emergencia está mal instalado.

Y, ¿Por qué está mal instalado?

En un principio hemos utilizado un pulsador de emergencia (enclavado) de tal manera que cuando lo pulsamos, la señal se manda directamente al autómatas, y que, debido a la programación hecha, la instalación tiene o debería de pararse. Esto en un principio parece que es lo correcto, pero realmente no está bien.

Cuando nosotros hablamos de la instalación del pulsador de emergencia tenemos que tener en cuenta que este circuito tiene que ser un circuito totalmente diferente a toda nuestra instalación. El circuito de emergencia tiene que actuar primeramente cortando todas y cada una de las fases de todos los motores de nuestra instalación, dejando así sin servicio y sin posibles riesgos para las personas. Es importante decir que cada instalación es diferente, pero lo que está claro es que este tipo de instalaciones son “independientes”.

Por lo tanto, lo ideal para nuestra instalación sería utilizar un relé PILZ. Los relés PILZ son dispositivos de protección donde su función principal es la seguridad, ya sea mediante paradas de emergencia, como puertas protectoras o barreras fotoeléctricas. Hay muchos tipos de relés según el grado de protección de tu instalación, pero su funcionamiento siempre es el mismo, de tal forma que cuando nosotros pulsamos una seta de emergencia, por ejemplo, abrimos el circuito cortando la señal activando el relé que abrirá todos los contactores que alimentan a los motores. Hay que tener en cuenta que este tipo de relés son muy caros teniendo un precio superior a los 100 euros los más básicos.

En la siguiente imagen vemos uno de los muchos tipos de relés PILZ que podemos encontrar en el mercado.



Figura 50 Relé PILZ

Una vez dicho que nuestra instalación está mal hecha debido a que no podemos usar estos relés porque son muy caros y el presupuesto de nuestra línea de montaje es mínimo, tenemos que centrarnos en diseñar y hacer un programa de tal forma que su función principal sea la seguridad.

Por lo tanto nosotros hemos utilizado un pulsador de emergencia enclavado, de tal forma que cuando pulsemos dicha seta, abrirá el circuito enviándole una señal a nuestro autómatas cortando así todas las posibles vías de peligro. El dispositivo utilizado tiene de pulsador 38 mm de diámetro y de orificio 22,5 mm. Para desenclavar la seta hay que girarlo mediante tracción. La referencia de este producto es 216876 – M22 – PV.



Figura 51 Pulsador Emergencia (Fuente [26])

#### D. Contactores

Los contactores utilizados para los pulsadores descritos anteriormente son contactores mecánicos, de tal forma que cuando pulsamos o seleccionamos un pulsador o selector, estos se abrirán o cerrarán en función de si el contacto utilizado es normalmente abierto o cerrado. Los contactos utilizados para esta sección son contactos no enclavados con una protección IP20. Como hemos dicho podemos adquirirlos de dos tipos (NA o NC) y la sujeción de cables es mediante pinzas (cage clamp). Estos contactores tienen la opción de incorporar un dispositivo Led para la iluminación del botón o selector, pero que en nuestro caso no hemos creído necesario. Estos dispositivos son también de la marca Eaton.

-Contacto NA referencia: 1077898 – M22 – CK02 (verde).

-Contacto NC referencia: 107899 – M22 – CK02 (rojo).



Figura 52 Contactores NA y NC (Fuente [27] y [28])

### E. Adaptadores

Los adaptadores son piezas específicas cuya función es unir y fijar los pulsadores o selectores con los contactores. Traen consigo tres posiciones para albergar tres contactores diferentes. La referencia del adaptador de la marca Eaton es 216374 – M22 – A.



*Figura 53 Adaptadores (Fuente [29])*

### F. Potenciómetro

El potenciómetro es una resistencia variable por el cual nosotros podemos controlar su valor. Hoy en día en el mercado encontramos muchos tipos de potenciómetros con una gran variedad de valores, pero el que vamos a usar aquí, es un potenciómetro de mando rotatorio de 10k $\Omega$  capaz de cambiar su valor de resistencia girando un eje.

Como explicamos anteriormente en la botonera de mando de la parte mecánica, hemos hecho un quinto orificio en la parte lateral. Es en este orificio donde irá ubicado nuestro potenciómetro y su uso será el de un divisor de tensión de tal forma que nos dé una tensión continua variable.

La idea de colocar este potenciómetro es la de usarlo como un divisor de tensión, controlando así la velocidad de nuestra cinta transportadora. Esto lo logramos mediante los bornes de usuario explicados anteriormente en el apartado del variador de frecuencia, donde nombramos tres bornes (10V – 0V – Entrada analógica) de los cuales irán conectados a las tres patillas de nuestro potenciómetro, logrando así enviar una tensión variable a la entrada del borne 2 (AI2).

Todos los dispositivos usados para la botonera de mando son de la marca Eaton, y como cabe de esperar, también tienen potenciómetros de 22,5 mm de diámetro de dicha marca preparados para ubicarlos en los orificios por defecto de la carcasa.

En un principio, como hemos explicado en la parte mecánica, la idea era la de adquirir una carcasa de 5 orificios para así poder colocar todo correctamente sin tener que hacer modificaciones en ella. El problema surgió en el precio del potenciómetro, como cabía de esperar era muy caro. Dicho problema se solventó observando que la propia carcasa trae



consigo zonas en las que se pueden hacer orificios nuevos, pudiendo así ahorrar en costes no solo en el potenciómetro, sino también en la carcasa, ya que no necesitaríamos una de cinco orificios si no de cuatro.

Las partes del potenciómetro son:

- Potenciómetro 10k $\Omega$



Figura 54 Potenciómetro (Fuente [30])

Este potenciómetro de 10k $\Omega$  es de tipo lineal, con una potencia nominal de 0,1W. Es de la marca Alps y su referencia de fabricación es RK1631110TWA.

- Mando de apriete



Figura 55 Mando de apriete (Fuente [31])

Estos mandos de apriete con acabado brillante son de la marca RS. Tenemos de diferentes diámetros para diferentes tipos de potenciómetros todos ellos de plástico. Su código RS es 463-8479.

- Indicador



Figura 56 Indicador

Estos indicadores vienen con el propio selector de mando, su función como cabe de esperar, es el de dividir por partes la resistencia del potenciómetro para hacernos una idea de la velocidad a la que gira nuestra cinta transportadora, siendo el cero el de máquina parada, y el número diez la máxima velocidad.

Una vez explicado cada parte de nuestra botonera de mando, montamos todo quedando su conjunto de la forma que podemos ver a continuación.



*Figura 57 Botonera de mando*

#### G. Cableado de la botonera de mando

En el cableado de la botonera de mando usaremos dos mangueras. Una de ellas la utilizaremos para la conexión de los botones y selectores conectados a los contactores que ya hemos explicado anteriormente, y la otra manguera, la utilizaremos para la conexión con el potenciómetro. Podríamos a ver utilizado una única manguera con más hilos, pero el problema de usar solo una, es que al tener más conductores, la sección se reduce considerablemente siendo prácticamente imposible conectar en los terminales. Por eso, decidimos separar en dos partes nuestra conexión.

La conexión de cables de la botonera es algo que podemos ver en los planos adjuntos, pero para hacernos una idea, haremos una breve explicación. En la parte de los botones y selectores, tendremos un único cable de la manguera que será de 24V DC que alimentará a todos los contactores de la botonera de mando. La vuelta de esos contactores la haremos con conductores diferentes. Esta manguera irá directamente al cuadro eléctrico donde cada conductor ira a un borne de conexión diferente que a su vez irán conectados a las diferentes entradas del autómat. Para la parte del potenciómetro como hemos dicho tendrá otra manguera diferente, donde los 3 conductores también irán conectados a los bornes de conexión del cuadro, pero esta vez irán directamente al variador de frecuencia y no a las entradas del autómat.



*Figura 58 Cableado de la botonera*

Además, para “ocultar” que haya dos mangueras, utilizaremos un organizador de cables en espiral, dando así un efecto que parezca que solo haya un único conductor.



*Figura 59 Organizador de cables*

El material es flexible adaptándose a todos los tamaños de cables de 6-60mm. Es de polietileno (PE) resistente a temperaturas de 10°C hasta 110°C.

### 2.2.3 Cinta transportadora

En este apartado vamos a explicar la parte eléctrica de la cinta transportadora. Por una parte tenemos el motor eléctrico que será el encargado de mover la banda de la cinta transportadora desplazando así los objetos que pongamos sobre ella. Por otro lado, tenemos el final de carrera y los sensores fotoeléctricos que en función de la programación que hagamos harán actuar la línea de montaje de una forma u otra.

#### 1. Motor-reductor

Un motor-reductor como su nombre indica es una unidad compacta y homogénea formada por un motor eléctrico y un reductor. El papel principal en un motor-reductor, lo desempeña el reductor y sus fases, los pares. Estas características transmiten la fuerza del motor del eje de entrada al eje de salida. Por lo tanto, el reductor funciona como un variador de velocidad y par.

En la mayor parte de las aplicaciones, el reductor reduce la velocidad de giro del motor eléctrico aumentando el par. El factor principal en determinar el tipo de motor-reductor es la dirección de giro del reductor, por eso podemos distinguir tres diseños básicos al respecto: reductores de ejes paralelos, de ejes perpendiculares o de ejes planetarios.

El uso del motor-reductor está muy extendido en el ámbito industrial. En la producción industrial mueven cintas transportadoras, suben y bajan cargas y, en general, mueven la más amplia variedad de productos.

Para nuestro trabajo de fin de grado vamos a usar un motor-reductor que como explicamos en la parte mecánica, ira apoyado a un soporte donde lo conectaremos a uno de los rodillos. De los tres tipos de diseño que pueden tener estos motores-reductores, nosotros utilizaremos un motor – reductor de eje perpendicular. Esto quiere decir que el eje del reductor ira perpendicular al eje del motor eléctrico. Otro dato importante en estos motores reductores es su relación de reducción de velocidad. Esta relación de reducción no es más que una división donde nos indica cuantas vueltas da el sin fin cuando la corona da un giro completo. En nuestro caso es 1:34.



*Figura 60 Motor reductor*

Las demás características las podemos leer en su placa base, que podemos verla a continuación:



Figura 61 Placa de características

Lo primero de todo que tenemos que tener en cuenta a la hora de conectar un motor es la tensión máxima que pueden soportar sus bobinas. Como podemos observar en la placa de características, vemos que tiene una conexión de 230/400 V (triángulo/estrella). Por lo tanto, las bobinas de nuestro motor son capaces de soportar como máximo 230V AC. Una vez que sabemos la tensión máxima que puede soportar, tenemos que ver cuanta tensión de alimentación es capaz de dar nuestro variador de frecuencia.

Como ya explicamos anteriormente, el convertidor elegido es un convertidor monofásico. Esta decisión la tomamos por la ubicación que se le iba a dar a nuestro trabajo, que será el laboratorio de prácticas, donde la mayoría de las tomas de enchufe son monofásicas. Tenemos que tener en cuenta que un variador de frecuencia no es capaz de dar más tensión de salida que de entrada, por lo tanto como máximo vamos a tener 230V AC. Como resultado de dicha explicación, tenemos que observar que la conexión de los terminales del motor esté en triángulo.

Una vez que hemos visto qué configuración tiene que tener nuestro motor, podemos ver las demás características. Si nos fijamos en la placa, para una conexión en triángulo tenemos un consumo de 0,61 amperios con un coseno de  $\phi$  de 0,76 y una potencia nominal de 90W. Estos datos, aparte de ser útiles para el cálculo de sección de los conductores de alimentación, son importantes para introducir los valores nominales en nuestro variador de frecuencia. Como vimos en el apartado del convertidor, tenemos un menú de configuración para los valores nominales. La función de este menú es la de proteger el motor mediante avisos y alarmas, de tal forma que si detecta un consumo mayor a los valores nominales introducidos, sea capaz de parar el motor inmediatamente.

Este motor-reductor es adquirido de la empresa Martinena Transmisiones S.L ubicada en el polígono industrial La Nava (Olite).

## 2. Sensores fotoeléctricos

Hoy en día podemos encontrar una infinidad de tipos de sensores: Sensores inductivos, ultrasónicos, capacitivos, de presión, de flujo, de temperatura... Los detectores elegidos para colocar en nuestra cinta transportadora son detectores fotoeléctricos.

Los detectores fotoeléctricos o fotocélulas son dispositivos electrónicos que responden al cambio en la intensidad de luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz y un componente receptor que percibe la luz generada por el emisor. Existen dos tipos de sensores fotoeléctricos, con el mismo principio de funcionamiento. La única diferencia es que en unos emiten y reciben en sitios diferentes enfrentados entre sí, y en otros la emisión y recepción se hace desde el mismo punto donde gracias a un espejo conseguimos la reflexión de la luz hacia el punto de partida.

Para este trabajo de fin de grado hemos decidido poner dos sensores fotoeléctricos con reflexión sobre espejo, de tal forma que cuando se desplacen las piezas por la cinta transportadora e interrumpan la señal de luz de dichos detectores, envíen una señal al autómatas.

A continuación veremos el tipo de detector, así como el cable de señal utilizado y los soportes necesarios para mantenerlos firmes en nuestra cinta transportadora.

- Sensor barrera fotoeléctrica

Los sensores de barrera fotoeléctricos elegidos son de tipo réflex. Este sistema réflex quiere decir que en el cuerpo del detector están juntos el emisor y el receptor, de tal forma que gracias a un reflector (espejo) la señal enviada regresa al mismo punto de partida. Hemos elegido este sistema para nuestro trabajo de fin de grado porque los detectores son más baratos y solo tenemos que usar un cable de señal.

Son sensores de la marca Automation24 Reflex- OGP108 Basic Line con carcasa plástica, tamaño de cuerpo M18, tamaño de conexión M12 y una protección IP 67. Este sistema dispone de un polarizador, modo oscuridad y un rango de 0,05 hasta 2,5 metros como máximo. Funcionan con luz infrarroja y las tensiones mínima y máxima de trabajo son 10 y 30 V DC. El código de producto es 100117. Para saber más detalles de este sensor mirar su hoja de características.



Figura 62 Sensor fotoeléctrico (Fuente [32])

- Cables

Los cables utilizados para este trabajo están ya preparados para conectarlos directamente a la cabeza del sensor. Son de M12 hembras, con tres pines de conexión y con un cable de PVC (libre de silicona) de dos metros de largo. La marca del cable es Automation24 EC0001 – BasicLine y el código de producto es 101164.

La conexión y el funcionamiento del sensor lo veremos en los siguientes apartados.



*Figura 63 Cable conector sensor (Fuente [33])*

- Reflector

Los reflectores son espejos que como hemos dicho anteriormente se utilizan para los sensores de sistemas réflex. Su función es muy simple, y es la de reflejar la luz infrarroja enviada por el emisor de tal forma que al volver la detecte el receptor.

Para estos sensores hemos adquirido de los reflectores más baratos posibles. Es un reflector prismático ifm electronic E20452 adquirido de Automation 24. Su diseño es rectangular de material plástico con unas medidas de 45 x 28 mm (AxP). EL código del producto es 100526.



*Figura 64 Reflector (Fuente [34])*

- Escuadras de fijación

Las escuadras de fijación como su nombre indica son soportes donde fijaremos los detectores para su funcionamiento. Estas escuadras de fijación son las adecuadas para sensores de M18 y traen consigo dos arandelas de protección. Esta escuadra de fijación es de la marca Ifm electronic E10736 de material acero V2A. La referencia del producto es 100058.



*Figura 65 Escuadra fijación (Fuente [35])*

### Montaje del sensor fotoeléctrico

En este apartado vamos a explicar el montaje de todo el conjunto del sensor fotoeléctrico. Todas las partes del conjunto las hemos explicado anteriormente.

Lo primero que tenemos que hacer es poner las escuadras de fijación. El sitio será encima de los largueros de nuestra cinta transportadora y el lugar dependerá del funcionamiento que le queramos dar a nuestra línea de montaje. En la parte de la base tenemos dos orificios que servirán de sujeción a la cinta mediante tornillos.

Después de la colocación de los soportes colocaremos las cabezas de los sensores fotoeléctricos. Estos sensores traen consigo dos tuercas roscadas de plástico para la sujeción en el soporte donde antes de colocarlas y ajustarlas introduciremos dos arandelas de seguridad para no estropear la cabeza del sensor.



*Figura 66 Fijación y sujeción sensor en adaptador*



También, mediante una chapa metálica de 1mm de grosor, sujetaremos los espejos reflectantes donde se colocaran en la parte del frente de los detectores.



*Figura 67 Sujeción de los reflectores*

Una vez que tenemos la cabeza del sensor y los reflectores sujetos, colocaremos el cable de conexión. La conexión cable-sensor tiene una posición fija de la cual tenemos que hacer coincidir dos pestañas.



*Figura 68 Conexión cable con sensor*

Una vez conectado el cable con el sensor, meteremos el cable por la canaleta hasta el cuadro eléctrico donde allí lo conectaremos a las regletas de conexión. Como explicaremos en el apartado de funcionamiento del sensor, el cable es de tres pines donde tenemos tres colores de conductores y por lo tanto irán a tres regletas de conexión diferentes.

### Conexión y funcionamiento del sensor fotoeléctrico

En este apartado explicaremos la conexión y el funcionamiento de nuestros sensores fotoeléctricos.

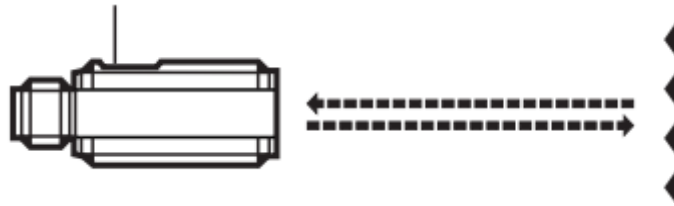


Figura 69 Funcionamiento sensor fotoeléctrico

Como podemos ver en la primera imagen, estos detectores de tipo 66éflex emiten una luz infrarroja donde a cierta distancia y gracias a un espejo, reflejan dicha luz hasta llegar al receptor.

#### Color de los hilos

BK negro

BN marrón

BU azul

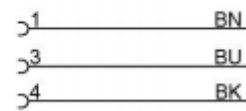
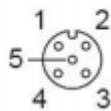


Figura 70 Conexión sensor

A pesar de tener cinco terminales los conectores hembra, viene configurado con solo tres pines por lo que solo tendremos tres cables de conexión para el sensor. Como podemos observar en la imagen anterior, el conductor marrón “1” es L+ (24V DC), el conductor azul “3” es L-(0V) y el conductor negro “4” es la señal que enviaremos al autómata. Estos conductores irán bajo canaleta de PVC hasta el cuadro eléctrico donde los conectaremos a las regletas de 24V DC, 0 V DC y el de señal a una regleta que ira conectada a una entrada del autómata.

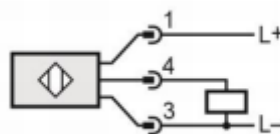


Figura 71 Funcionamiento interno sensor fotoeléctrico

El principio de funcionamiento es muy sencillo. Si la señal de luz infrarroja enviada es recibida por el receptor del sensor, el contactor 3-4 se cierra teniendo en los terminales del conductor de señal 4 L-(0V). Pero, si tenemos un objeto que interrumpe el camino de luz infrarroja, ese contactor se abre de tal forma que en el terminal 4 no tenemos L- si no L+ (24V).

### 3. Final de carrera con varilla metálica

Los interruptores o sensores finales de carrera, también llamados interruptores de posición, son sensores que detectan la posición de un elemento móvil mediante el accionamiento mecánico.

En este trabajo de fin de grado hemos decidido utilizar un final de carrera eléctrico. La función de este final de carrera será el de volver a activar la cinta transportadora una vez recogida la pieza al final de nuestro trayecto y estará ubicada al final de la cinta transportadora.

El final de carrera escogido es de la página web ADAJUSA. Tiene dos contactos (1NA+1NC), con una varilla de acero con resorte, fabricados en resina termoplástica muy resistente a golpes. Tiene una intensidad nominal de 5 A y una intensidad máxima de 10 A. La tensión máxima de trabajo es de 500 Vac. La referencia del fabricante es STLS-161. Para saber más características de los finales de carrera podemos mirar la hoja de características técnicas.



Figura 72 Final de carrera (Fuente [36])

### 3. PUESTA A TIERRA DE UNA LINEA DE MONTAJE

En este apartado haremos una breve explicación de la conexión a puesta a tierra de nuestro principio de línea de montaje. Este punto podríamos haberlo explicado en la parte eléctrica, pero nos ha parecido interesante hacerlo en un diferente apartado ya que en nuestra línea de montaje nos surgió un pequeño problema.

La puesta a tierra es una instalación de cables de protección que van desde cada uno de los enchufes, motores y partes metálicas hasta la tierra (terreno) con el fin de que si hay una corriente de fuga, en lugar de quedarse en la parte metálica, esta corriente se derive al terreno mediante estos cables o instalación llamada “instalación de toma a tierra”.

Cuando ocurre un fallo de aislamiento a lo largo de un circuito de potencia eléctrica, causando una conexión eléctrica entre conductor energizado y una carcasa metálica, la carcasa tiende a adquirir el mismo potencial eléctrico que existe en el conductor de potencia. A menos que tales carcasas se pongan a tierra, de forma efectiva, una descomposición de aislamiento causará un potencial peligroso en la carcasa creando un riesgo eléctrico para alguien que lo toque.

Hay que tener en cuenta que podemos tener muchos tipos de conexión a tierra, diferenciando en dos grupos principales: puesta a tierra en edificios domésticos y puesta a tierra en plantas industriales. Es en este último donde entra nuestra línea de montaje.

Idealmente, para una nave industrial, la puesta a tierra la haremos mediante picas enterradas alrededor de ella y estarán conectadas entre sí formando un anillo. La distribución de las mismas va en función de donde tengamos los cuadros eléctricos de nuestras máquinas, y el número de picas ira en función de la resistencia mínima que tenga que tener nuestra instalación.

El problema surge en nuestra línea de montaje, ya que como es un proyecto muy básico y la utilización del mismo será en el laboratorio de Automática, no tenemos una conexión de puesta a tierra directamente de una pica enterrada, si no que la tendremos que coger mediante la base de enchufe de alimentación, y es ahí donde conectaremos la tierra de nuestros dispositivos, motores y partes metálicas de nuestra línea de montaje.

Así pues, con la instalación de puesta a tierra de todas nuestras partes y la conexión de un diferencial explicado en la parte eléctrica, tenemos segura nuestra línea de montaje.

Por último, es importante decir que tanto en las plantas industriales como en zonas urbanas, en función de las conexiones a tierra de la red de alimentación y de las masas de la instalación receptora, podemos tener diferentes esquemas de distribución.

## 4. PROGRAMACIÓN

En este apartado explicaremos detalladamente la programación introducida en el autómatas para el funcionamiento que hemos elegido en nuestra línea de montaje. Las partes que dividiremos este apartado serán las siguientes:

- Tablas de direccionamiento.
- Explicación general del funcionamiento de nuestra línea.
- Grafcet.
- Programación.

### 4.1 Tablas de direccionamiento

En este apartado mostraremos a continuación las tablas de direccionamiento que hemos utilizado para la programación de nuestra línea de montaje. Como ya dijimos anteriormente, hemos aumentado el número de entradas y salidas con módulos adicionales para posibles ampliaciones en un futuro.

<b>ENTRADAS</b>	<b>DIRECCIONAMIENTO PLC</b>
Selector Manual	X001
Selector Automático	X002
Pulsador Verde	X003
Pulsador Rojo	X004
Pulsador Emergencia	X005
Sensor Fotoeléctrico 1	X006
Sensor Fotoeléctrico 2	X007
Final de Carrera	X008
<b>SALIDAS</b>	<b>DIRECCIONAMIENTO PLC</b>
Relé ON/OFF	Y001
Relé V2 (Velocidad Rápida)	Y002
Relé V1 (Velocidad Lenta)	Y003
Relé Inversor Giro Motor	Y204
Zumbador	Y005
Señalización Color Rojo	Y201
Señalización Color Verde	Y202
Señalización Color Azul	Y203

*Nota: El direccionamiento del relé inversor de giro del motor está conectado al modulo adicional de salidas por falta de espacio en el modulo principal.*

## 4.2 Explicación general de funcionamiento

En este apartado explicaremos el funcionamiento general de nuestra línea de montaje. Cabe destacar, que los números entre paréntesis son las etapas del GRAFCET facilitando así la explicación del mismo.

Inicialmente nuestra línea de montaje se encontrará sin servicio (1). Este estado significa que no tenemos condiciones de trabajo y lo señalizaremos con color blanco.

Si queremos arrancar nuestra máquina, podemos elegir dos modos de funcionamiento: Manual o Automático.

Con el modo Manual podemos manejar la velocidad y el giro de la cinta como nosotros queramos. Esta forma de trabajo es ideal si tenemos averías en la cinta transportadora y el personal de mantenimiento necesita moverla a una determinada velocidad y sentido para hacer pruebas. Para entrar en este modo pondremos el selector en manual y pulsaremos el botón verde 5 segundos. Una vez que estemos dentro, el señalizador nos lo indicará con luz azul fija (2). Este estado es un estado de espera de órdenes, si pulsamos el botón verde podremos mover la cinta en giro directo (3) y si pulsamos el botón rojo podremos moverla en giro inverso (4). Todos los movimientos lo haremos mediante el potenciómetro del selector de mando. Además, para saber en qué estado nos encontramos lo señalizaremos con luz azul intermitente para los dos casos, con la diferencia que en el movimiento inverso añadiremos un sonido intermitente. Hay que tener en cuenta que si elegimos un giro de la cinta, es necesario volver al estado 2 de espera para elegir el otro giro. Eso lo conseguimos pulsando el botón rojo dos segundos. Para volver al estado sin servicio (1), pulsaremos el botón verde y rojo simultáneamente durante 10 segundos.

Con el modo Automático trabajamos de forma sincronizada mediante producción en cadena. En este modo de funcionamiento se necesita un operario al final de la cinta transportadora para recoger el material e introducirlo en una caja.

Para entrar en este modo pondremos el selector en automático y pulsaremos 5 segundos el botón verde. Una vez dentro, indicaremos este estado de espera de órdenes mediante la señalización intermitente amarilla (12). Una cosa a tener en cuenta antes de empezar con el proceso, es que si queremos volver al estado sin servicio es necesario hacerlo con la máquina parada (12). Por lo tanto, para poner en marcha el ciclo en automático pulsaremos el botón verde. De esta forma lo que hacemos es girar la cinta a velocidad rápida (13) para la llegada de piezas que, cuando cortan la primera barrera del sensor entrará la velocidad lenta (14) para pararla del todo cuando la pieza corta la segunda barrera (15). Es entonces cuando el operario tendrá que chequear la pieza e introducirla en una caja y una vez que esté preparado para recibir la siguiente, pulsará el final de carrera donde volveremos al inicio del ciclo con velocidad rápida (13). En todo el proceso podremos parar el ciclo cuando nosotros queramos pulsando el botón rojo volviendo al estado espera (12). La señalización será de verde cuando este el proceso en marcha.

La programación está hecha de tal forma que evitemos posibles errores, como por ejemplo parar la cinta cuando la pieza está entre dos sensores, de tal forma que si rearmamos el ciclo sepa que ha pasado una pieza y por tanto tenga que seguir en velocidad lenta. Otro punto a tener en cuenta también es que debemos retirar la pieza antes de volver a iniciar el ciclo.

Una vez explicados los dos modos de funcionamiento de nuestra línea de montaje, es importante decir que si queremos cambiar de automático a manual o viceversa, es necesario salirnos primero al estado sin servicio.

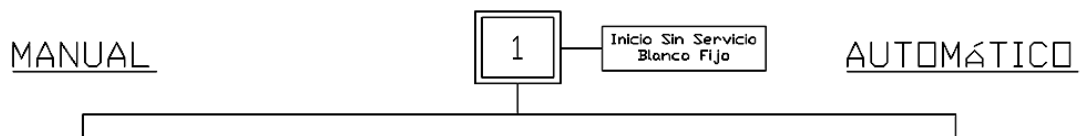
También tenemos una seta de emergencia la cual tendrá que desactivar todos los ciclos y funciones de la línea de montaje. Este estado se señalizara mediante un pitido continuo y luz roja fija. Para rearmarlo solo tendremos que desenclavar dicho pulsador y volveremos a la posición sin servicio (1).

### 4.3 Grafcet

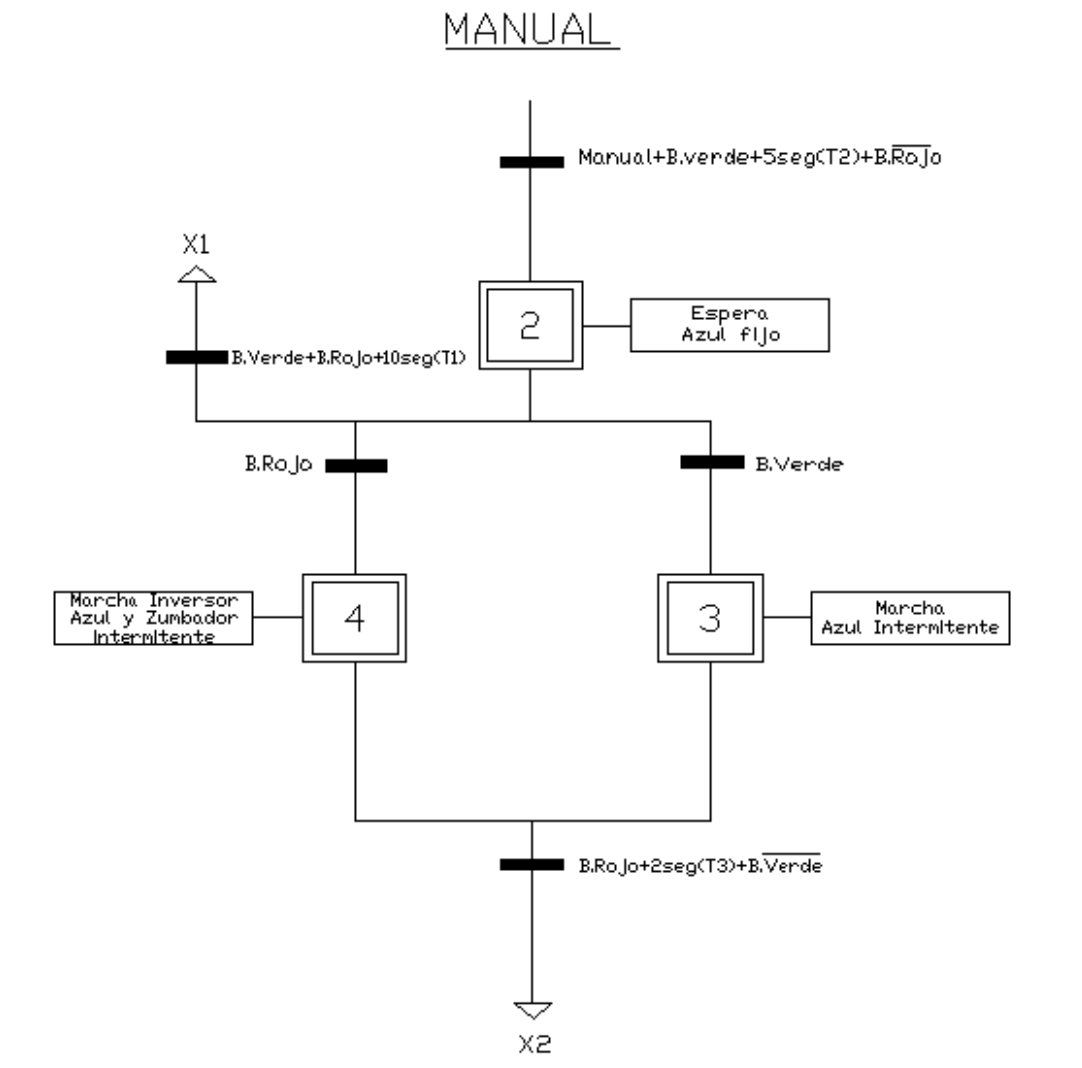
El programa esta formado por 2 Grafcet. Uno es el esquema general de los dos modos de funcionamiento manual y automático, y el otro es el esquema de seta de emergencia. Debido a la falta de espacio, el esquema general vamos a separarlo en tres imágenes. Para ver el Grafcet completo iremos al plano 16 del libro de planos adjuntos.

#### ESQUEMA GENERAL MANUAL-AUTOMÁTICO

- Imagen 1: Estado de inicio con dos posibles funcionamientos Manual y Automático

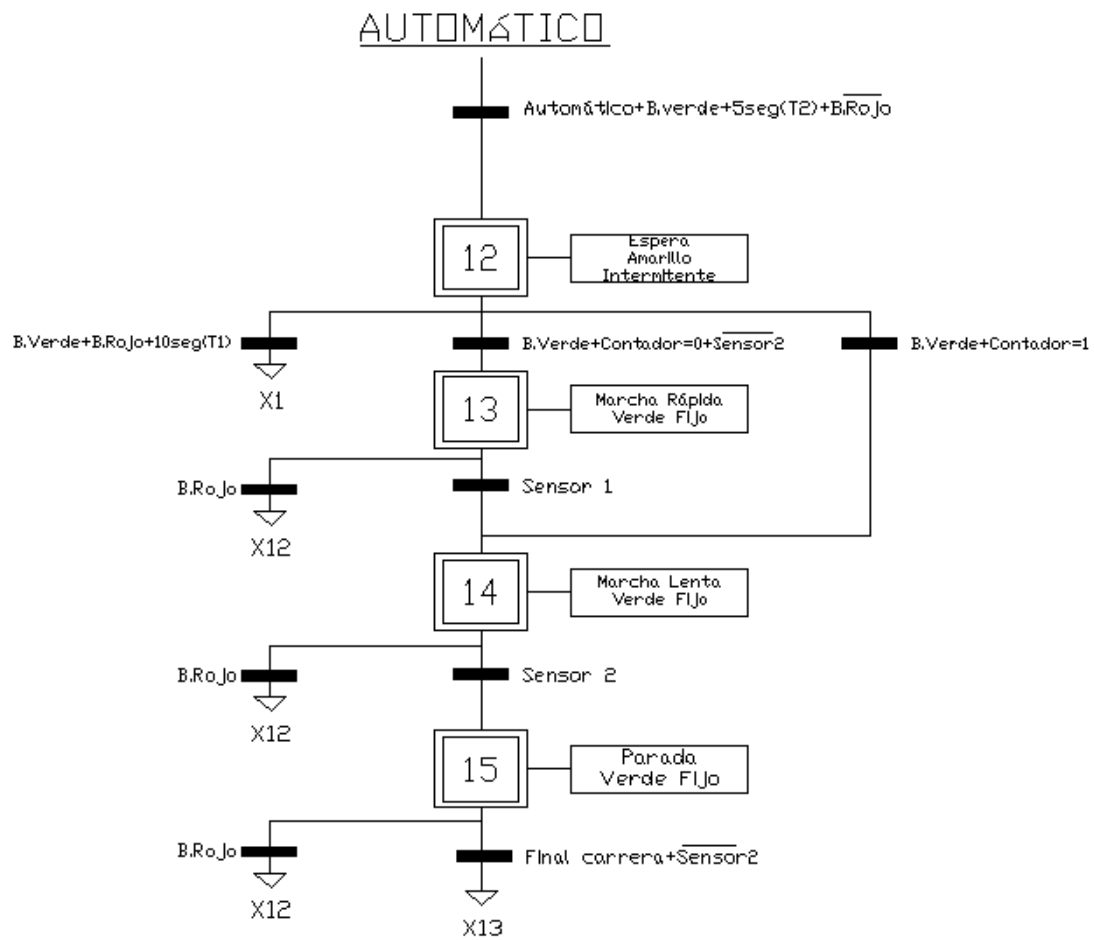


- Imagen 2: Funcionamiento Manual



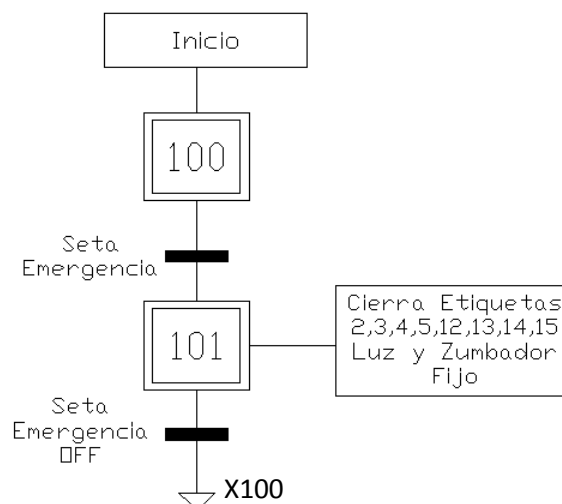


- Imagen 3: Funcionamiento Automático



#### ESQUEMA SETA DE EMERGENCIA

#### EMERGENCIA

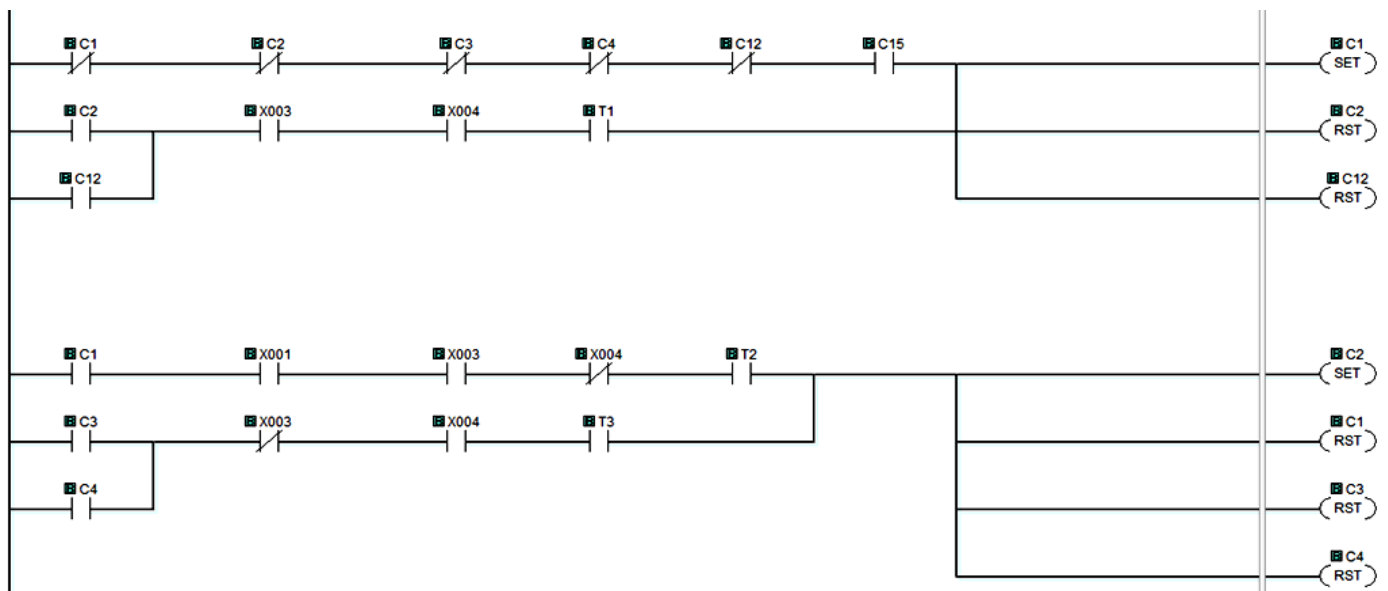


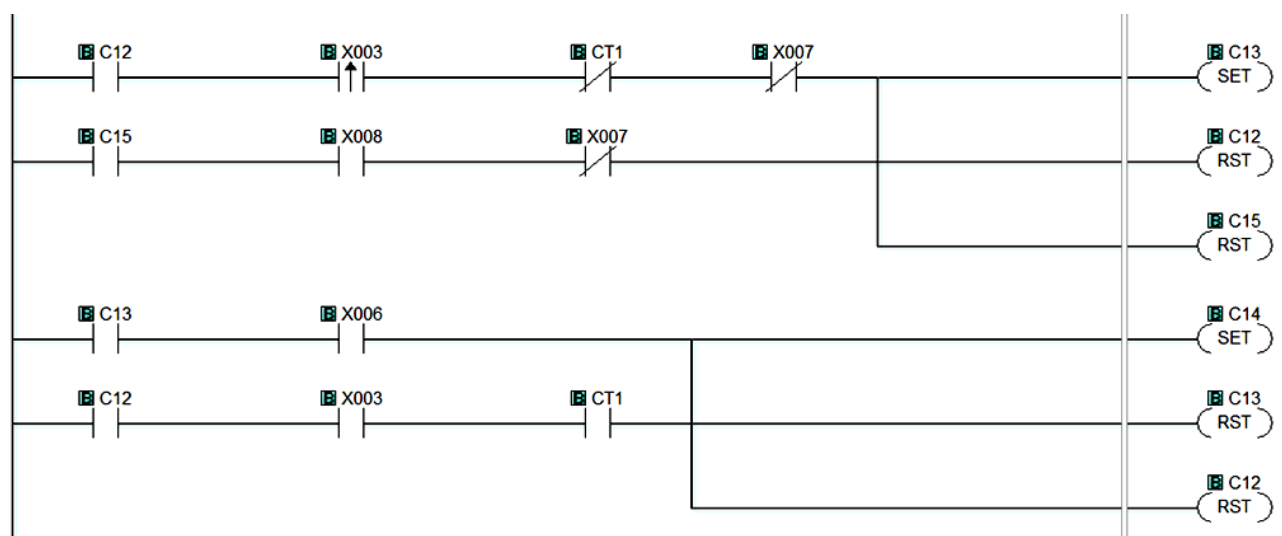
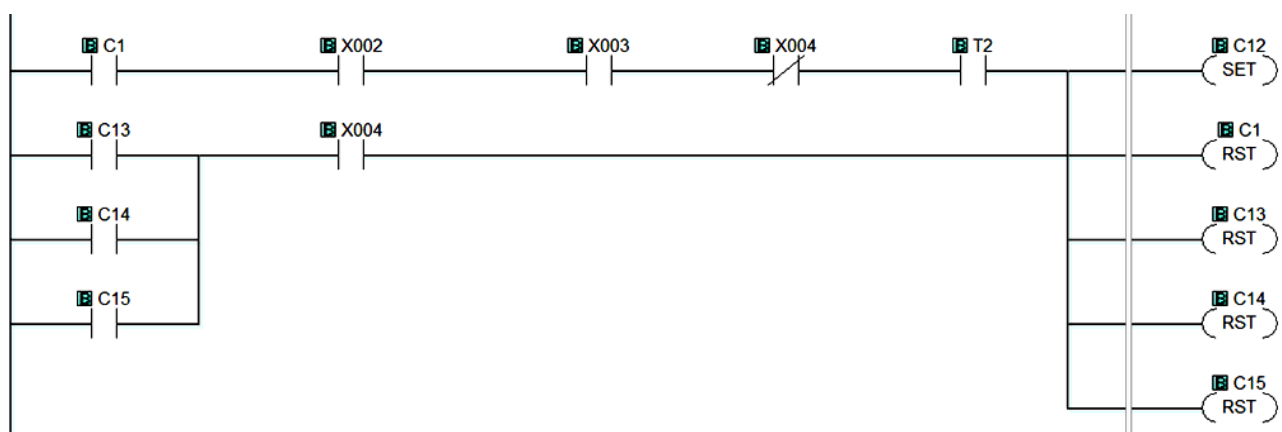
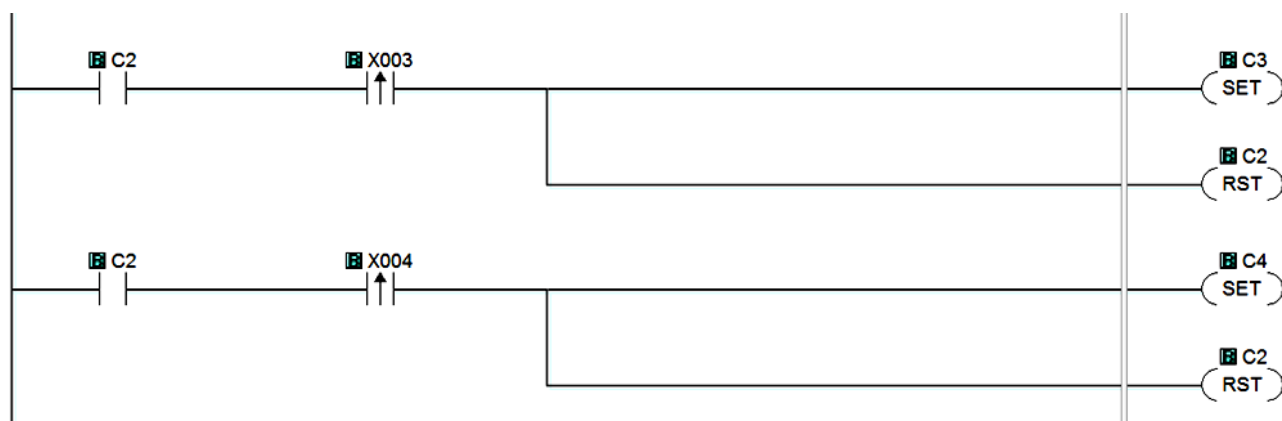
## 4.4 Programación

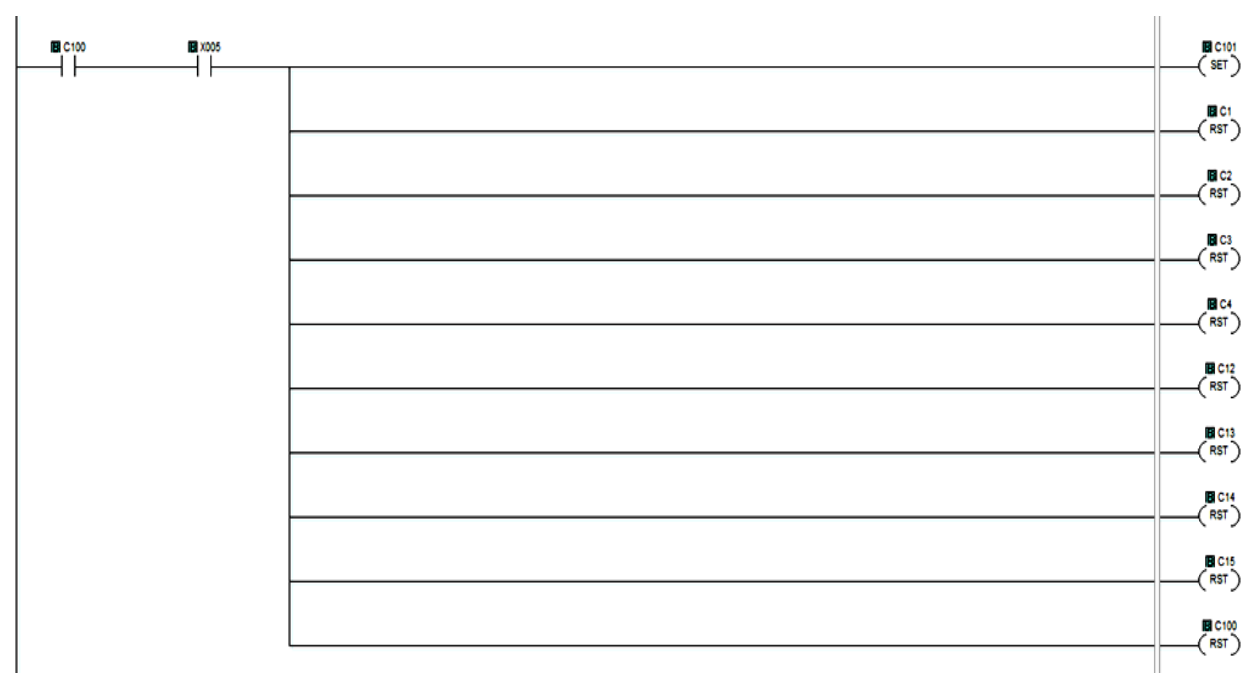
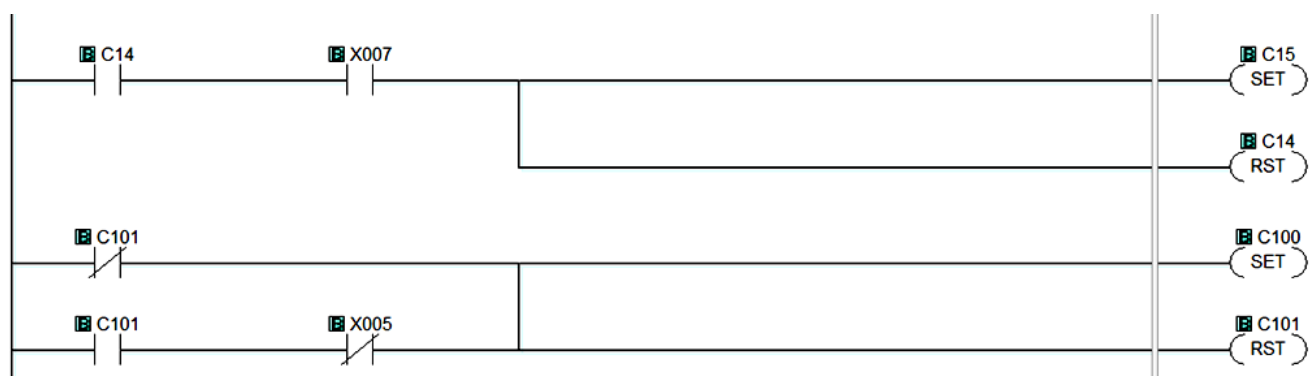
<u>Etapas/Relé Asociado</u>	<u>Se activa</u>	<u>Se desactiva</u>
X1  C1	$\overline{x101} * \overline{x1} * \overline{x2} * \dots * \overline{x15} +$ $x2 * BV * BR * 10\text{seg} + x12 * BR * BV * 10\text{seg}$ $\overline{C101} * \overline{C1} * \overline{C2} * \dots * \overline{C15} +$ $C2 * X003 * X004 * T1 + C12 * X003 * X004 * T1$	$X2 + X12 + X101$ $C2 + C12 + C101$
X2  C2	$X1 * \text{Manual} * \overline{B.Rojo} * B.Verde * 5\text{seg} +$ $(x3 + x4) * B.Rojo * \overline{B.Verde} * 5\text{seg}$ $C1 * x001 * \overline{x004} * x003 * T2 + (C3 + C4) *$ $\overline{x003} * x004 * T3$	$X3 + X4 + X1 + X101$ $C3 + C4 + C1 + C101$
X3  C3	$X2 * B.Verde$ $C2 * x003$	$X2 + X101$ $C2 + C101$
X4  C4	$X2 * B.Rojo$ $C2 * x004$	$X2 + X101$ $C2 + C101$
X12  C12	$X1 * \text{Automático} * B.Verde * \overline{B.Rojo} * 5\text{seg} +$ $(X13 + X14 + X15) * B.Rojo$ $C1 * x002 * x003 * \overline{x004} * T2 + (C13 + C14 + C15) * x004$	$X1 + X13 + X101 + X14$ $C1 + C13 + C14 + C101$
X13  C13	$X12 * B.Verde * \overline{\text{Sensor2}} * \text{Contador}=0 +$ $X15 * \text{Final Carrera} * \overline{\text{Sensor2}}$ $C12 * x003 * \overline{x007} * \overline{CT1} +$ $C15 * x008 * \overline{x007}$	$X12 + X14 + X101$ $C12 + C14 + C101$
X14  C14	$X13 * \text{Sensor1} + X12 * B.Verde * \text{Contador}=1$ $C13 * x006 + C12 * x003 * CT1$	$X12 + X15 + X101$ $C12 + C15 + C101$
X15  C15	$X14 * \text{Sensor2}$ $C14 * x007$	$X12 + X13 + X101$ $C12 + C13 + C101$
X100  C100	$\overline{x101} + x101 * \overline{\text{Seta Emergencia}}$ $\overline{C101} + C101 * \overline{x005}$	$X101$ $C101$
X101  C101	$X100 * \text{Seta Emergencia}$ $C100 * x005$	$X100$ $C100$

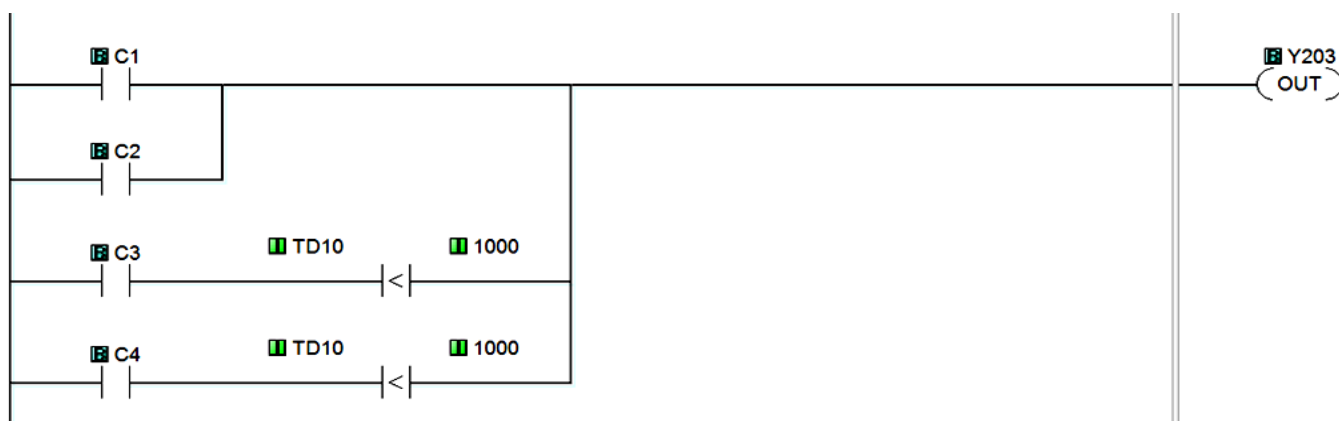
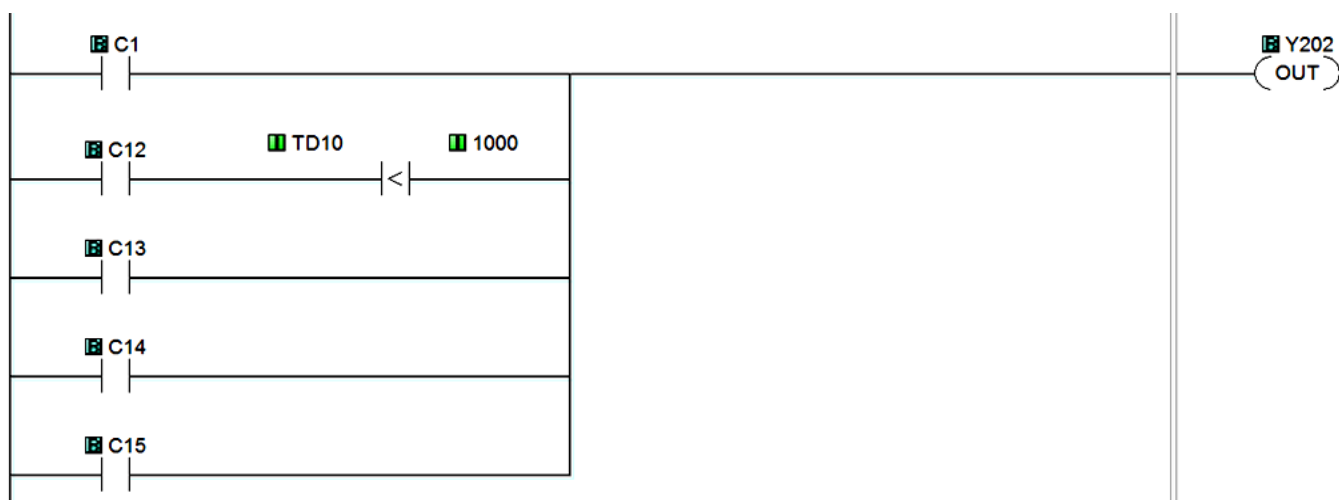
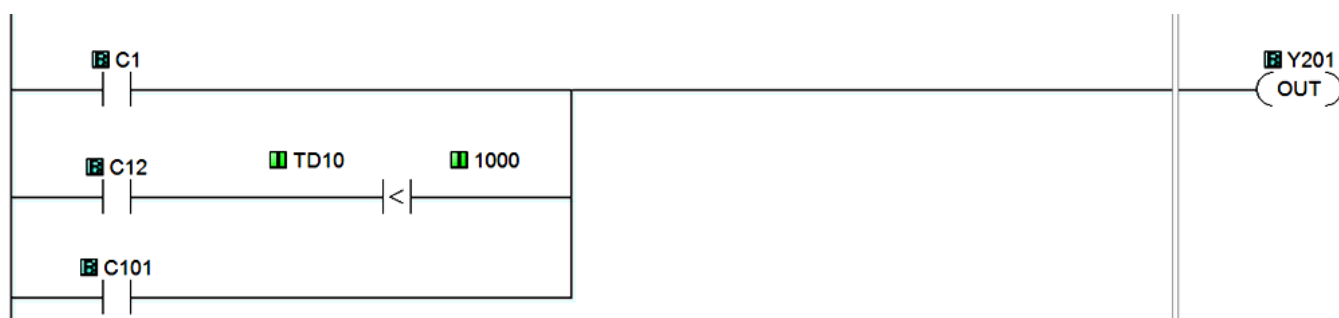
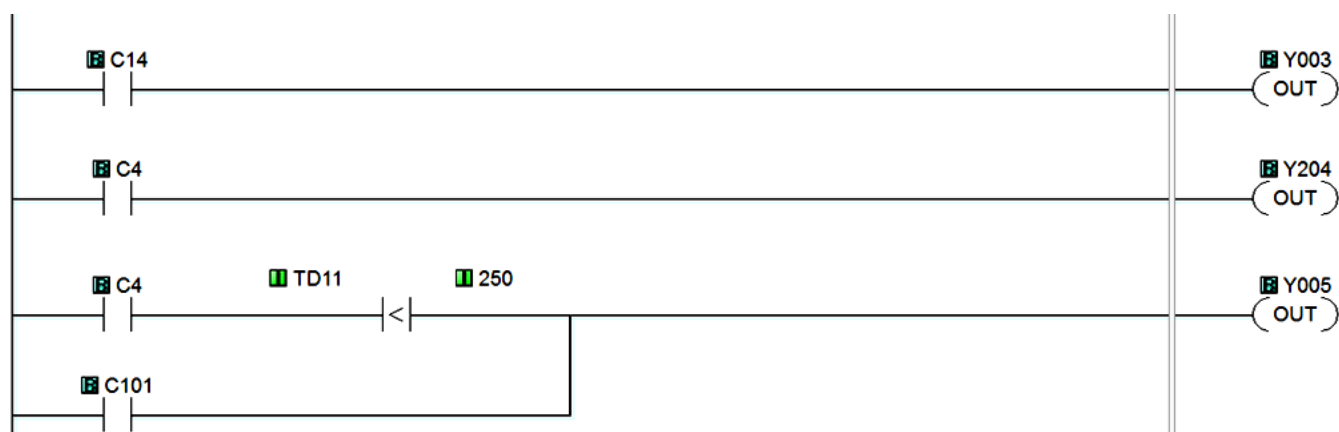
<u>Etapas</u>	<u>Acción</u>
X1 (C1)	Señalización Blanco $y201 + y202 + y203$
X2 (C2)	Señalización Azul $y203$
X3(C3)	Marcha + S.Azul Intermitente $y001 + y203 * T10$
X4(C4)	Marcha + Inversor + S.Azul Intermitente + Zumbador Intermitente $y001 + y204 + y203 * T10 + y005 * T10$
X12(C12)	S.Amarillo Intermitente $(y201 + y202) * T10$
X13(C13)	Marcha rápida + S.Verde fija $y001 + y002 + y202$
X14(C14)	Marcha lenta + S.Verde fija $y001 + y003 + y202$
X15(C15)	S.Verde fija $y202$
X101(C101)	Zumbador fijo + S.Roja fija $y005 + y201$

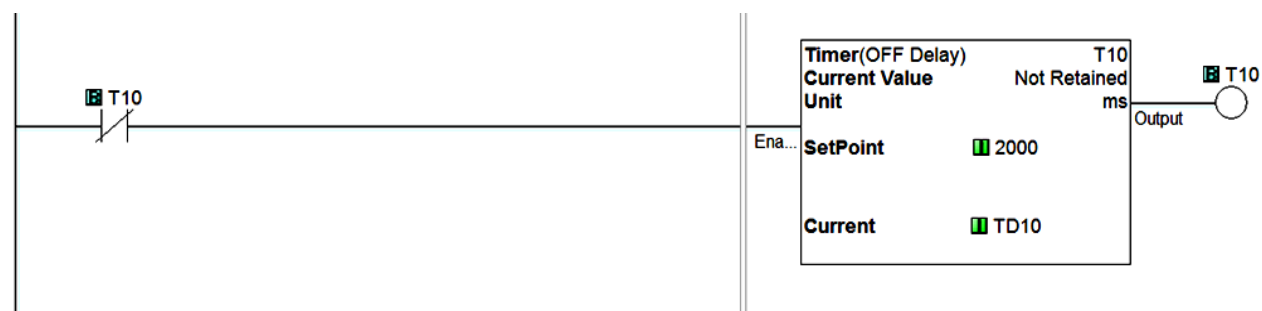
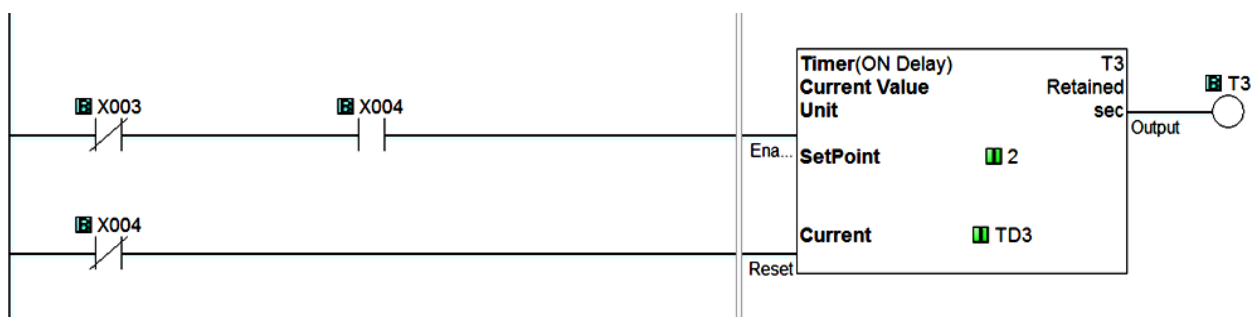
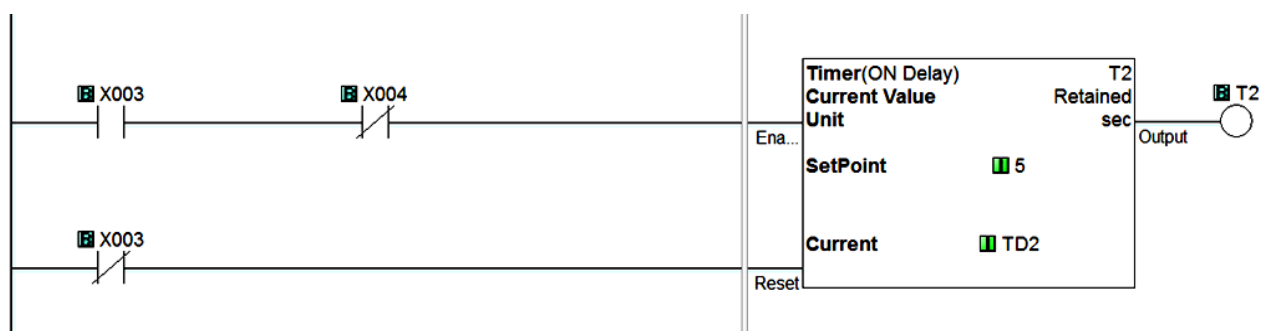
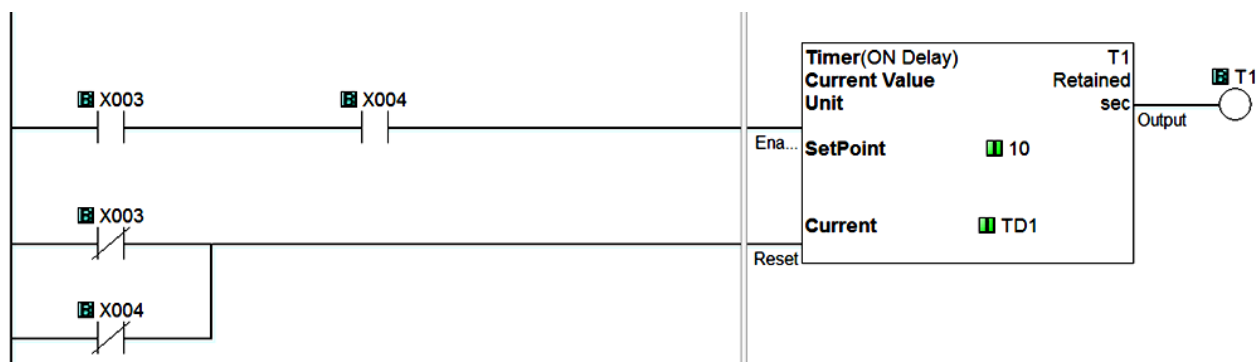
### PROGRAMACIÓN EN CLICK

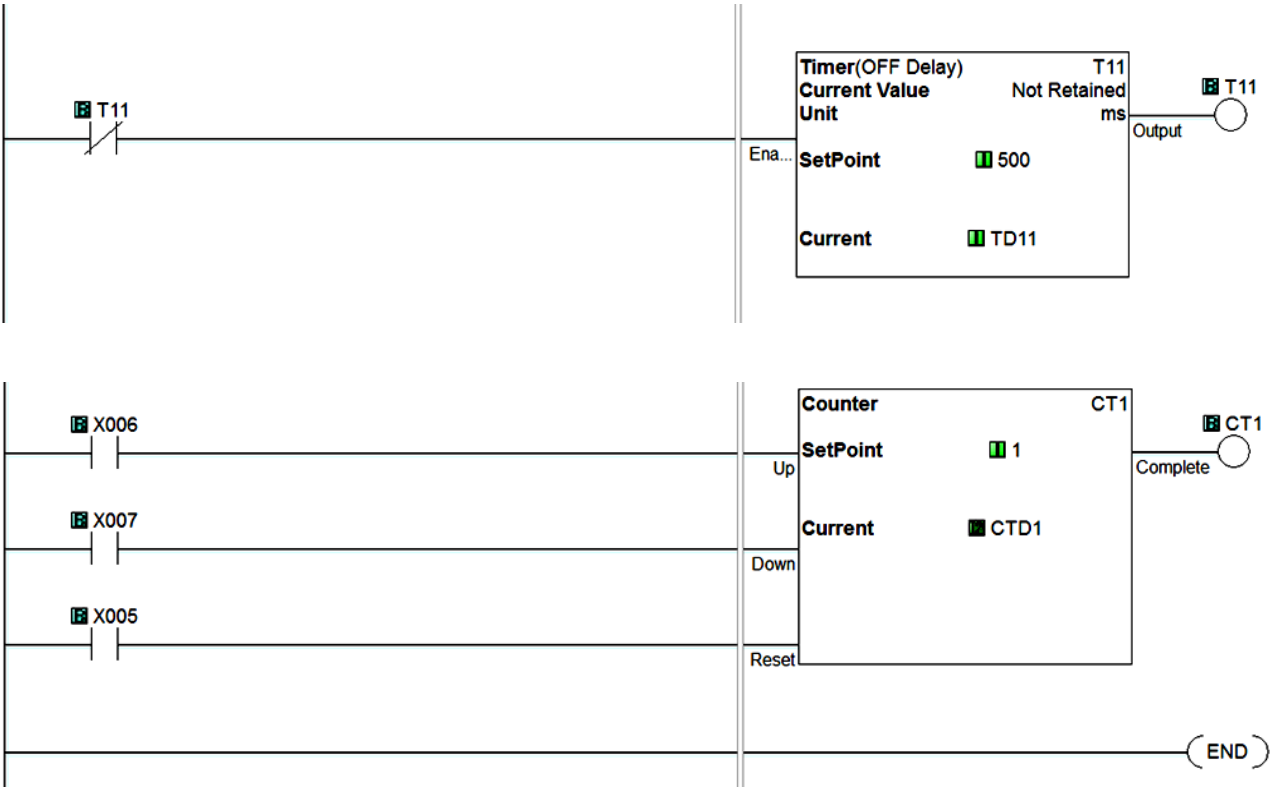














## 5. PROBLEMAS Y SOLUCIONES

En este apartado nombraremos los problemas mecánicos y eléctricos que tuvimos a la hora de diseñar, montar y conectar nuestra línea de montaje, así como explicar las soluciones tomadas.

### Problemas y soluciones en la cinta transportadora

En primer lugar, en el montaje de la cinta transportadora, el diseño de los rodillos hacía que al poner en marcha la cinta transportadora la banda se saliera por los laterales. Este problema hizo que tuviéramos que diseñar unos nuevos rodillos con unos topes laterales para que al poner en funcionamiento la cinta transportadora, la banda mantuviera su posición correcta y lineal.

Otro problema añadido fue en la banda transportadora, que como ya explicamos anteriormente, al no diseñar la cinta transportadora con un tensor, teníamos que coger la medida exacta para que la banda quedase lo más ajustada y tensa posible. Así pues, el fallo estuvo en que la medida tomada para la banda era unos milímetros más corta, por lo tanto, tuvimos que soltar de nuevo todo el conjunto para rebajar el diámetro a uno de los rodillos con el torno.

En la parte eléctrica de la cinta transportadora, el problema lo tuvimos en los espejos reflectores. Como ya explicamos anteriormente, los detectores los sujetaremos en unos soportes metálicos en forma de L, donde gracias a dos orificios, podremos sujetarlo encima de los largueros mediante dos tornillos. Esto no pasa con los espejos reflectores, ya que no tienen un soporte preparado para poder sujetarlos a la cinta y por lo tanto los tuvimos que fabricar. El diseño es muy simple, siendo dos trozos rectangulares de chapa fina. El montaje lo haremos sujetando los reflectores a la chapa y después, todo el conjunto a los largueros de la cinta transportadora. La altura la determinarán los detectores.

Otro inconveniente lo tuvimos en el desplazamiento de la cinta transportadora con el cuadro eléctrico. Al no estar la cinta transportadora sujeta a una base y los cables eléctricos sueltos a la intemperie, cualquier movimiento podría producir tirones y por tanto posibles roturas de conductores. Aunque esto no fue realmente un problema, lo solventamos sujetándolo a una base de aglomerado con una canaleta de PVC donde albergar los cables.

En la conexión del motor con el eje de la cinta, el problema lo tuvimos con el diseño del soporte del motor, ya que las medidas del diseño no son del todo correctas, y por tanto, tuvimos que calzar el motor con unas arandelas para ponerlo a la altura correspondiente para la conexión de los ejes.

### Problemas y soluciones en el cuadro eléctrico y botonera

En la parte del cuadro eléctrico tuvimos varios problemas tanto en el propio cuadro como en la instalación y funcionamiento de los dispositivos.

En primer lugar, el propio cuadro eléctrico trae una chapa desmontable en la parte superior para la salida y entradas de cables. Como tenemos que alimentar el motor y los diferentes sensores de la cinta transportadora y las regletas de conexión las tenemos ubicadas en la parte inferior del cuadro, decidimos así abrir un orificio pasante en la parte lateral del cuadro. También en la parte superior del cuadro eléctrico hicimos un orificio para la sujeción del dispositivo de señal LED.

Como ya hemos explicado anteriormente, el potenciómetro se usará para regular la velocidad de la cinta en ciclo manual. El problema es que el propio potenciómetro no llega hasta una resistencia de cero ohmios, y por tanto en el divisor de tensión siempre tenemos una pequeña señal que hace que el variador de frecuencia reconozca y mande una pequeña tensión a la cinta. Por suerte, para este problema no tuvimos que pensar en una solución ya que dicha tensión es tan pequeña que no se llega a superar los rozamientos entre los distintos componentes de la maqueta, por lo que la cinta transportadora no se mueve a pesar de que en el variador de frecuencia se marque un ligero valor.

Otro problema lo tenemos en la configuración del variador de frecuencia. A pesar de que en nuestra programación tengamos dos modos de funcionamiento (manual y automático), el variador de frecuencia no sabe diferenciarlos, de tal forma que si le llegan señales tanto en las entradas digitales como en las analógicas, habrá un mal funcionamiento del programa prevaleciendo la señal analógica. En este proyecto de fin de grado tenemos que tener en cuenta que cuando funcionemos en modo automático, el potenciómetro tiene que estar en el indicador cero, evitando así posibles errores. Para solventar este problema, una buena forma sería poner otro relé en el selector de la botonera, y que pase por él la señal que mandamos a la entrada analógica. Con esto conseguimos que cuando funcionemos en modo automático, cortemos la señal a dicha entrada y por tanto no tengamos que preocuparnos en qué posición se encuentre dicho potenciómetro.

También tuvimos serios problemas en el propio autómatas. Conforme pasa el tiempo, el propio fabricante del autómatas saca nuevas actualizaciones para el PLC solucionando así fallos de versiones más antiguas. En nuestro caso, una vez que nos conectábamos para comunicarnos con el autómatas, nos pedía constantemente la instalación de la última versión. A pesar de que hacíamos la instalación correctamente, vimos que no era un problema de actualización, si no que el autómatas estaba roto. Por tanto la solución más eficaz y rápida para este problema fue el de cambiar el autómatas por otro consiguiendo así la conexión con éxito.

En la parte de las regletas el mayor problema fue el de la conexión de los distintos tipos de conductores. Como tuvimos que hacer empalmes para alimentar los diferentes sensores y el espacio es muy reducido siendo casi imposible conectar 4 cables en un mismo orificio, decidimos conectarlos todos ellos a una regleta para después con un mismo conductor empalmarlo a su posición.

## 6. POSIBLES MEJORAS

A pesar de que anteriormente hemos explicado los diferentes problemas a la hora de desarrollar este proyecto, y que las soluciones tomadas podrían entrar perfectamente en este apartado de posibles mejoras, también explicaremos varias partes que podemos añadir a este trabajo de fin de grado con la finalidad de mejorar el funcionamiento y la seguridad de nuestra línea de montaje.

En primer lugar, en el armario eléctrico sería interesante añadir un seccionador en la parte exterior del mismo. Esto es una buena forma de conectar y desconectar nuestra línea de montaje sin tener que acudir al interior del armario, evitando así posibles riesgos eléctricos para el usuario. De esta forma dejaríamos el magnetotérmico general y el diferencial conectados de forma permanente y solo saltarían si tuviéramos algún problema de sobreintensidades o contactos indirectos en nuestra línea de montaje.

Otro dispositivo interesante a instalar en el armario eléctrico sería un ventilador para la evacuación del calor generado por los dispositivos electrónicos que tenemos en el interior. La entrega de este proyecto está con la chapa superior del cuadro quitada, lo que hace que haya una mínima ventilación con el exterior, pero para aumentar la seguridad del cuadro, sería interesante la instalación de dicho ventilador para así poder cerrar del todo el cuadro eléctrico.

Algo muy importante que se debe de plantear en un futuro para mejorar la seguridad de la línea de montaje es la instalación de un relé PILZ en el circuito de emergencia. A pesar de ser un punto muy importante, esto es realmente difícil debido a que los costes de dicho relé son muy elevados. Por tanto, una solución sería la de añadir un contactor entre el variador y el motor, de tal forma que mediante una programación adecuada del autómatas, cuando pulsemos la seta de emergencia no solo desactive todos los dispositivos, si no que además active el relé del contactor cortando así toda la alimentación del motor.

Otra posible mejora que sería interesante comprobar en un futuro es de la comunicación variador-autómatas mediante los puertos de comunicación. Esta forma es más segura y por tanto simplificaríamos el montaje evitando todos los relés y conductores a las entradas digitales.

En la parte de la cinta transportadora las posibles soluciones ya las explicamos en los apartados anteriores, donde el mayor problema lo tenemos con la banda transportadora y la implementación de un tensor de banda sería algo óptimo. Esta solución no es del todo importante ya que la implementación de dicho tensor requiere el diseño, fabricación y montaje de una cinta transportadora nueva, cosa que nosotros no vemos necesario porque este diseño funciona muy bien y para lo que está destinado es algo realmente bueno.

También otra posible mejora sería el de cambiar el final de carrera por algo más cómodo, como por ejemplo un pulsador, pero eso lo dejamos a la elección del alumno.

Por último, algo que sería interesante implementar en esta línea de montaje para aumentar la seguridad serían unas barreras fotocélulas, de modo que si el operario quiere manipular o coger algo dentro de la línea de montaje y fuera de su zona de trabajo, la instalación se paré protegiendo la vida de las personas.

## 7. CONCLUSIÓN

Este trabajo de fin de grado ha sido un gran reto para emplear y demostrar los conocimientos adquiridos a lo largo del Grado y aplicarlos a un caso práctico.

Mi pasión por la Robótica y los Automatas programables comenzó a los dieciocho años cuando empecé a trabajar en una planta industrial donde la automatización y la mejora continua están presentes en cada puesto de trabajo. De esta manera, me decidí a profundizar más en esta área construyendo y diseñando un principio de línea de montaje con la intención de que a los alumnos de los próximos años les guste tanto como a mí la Robótica y los Automatas.

Las características generales de este TFG son:

- Diseño eléctrico de todos los circuitos
- Diseño mecánico tanto del cuadro eléctrico como la cinta transportadora
- Programación

Como dijimos anteriormente, la finalidad de este proyecto es principalmente didáctica y educativa. En las prácticas de la asignatura de Robótica y Automatas se utilizan dispositivos con tensiones e intensidades muy bajas donde las conexiones de los circuitos se hacen en una placa de montaje (Protoboard). La idea de diseñar esta maqueta a tamaño escala es la de crear un ambiente más cercano al industrial, de tal forma que tengamos por un lado las prácticas iniciales donde haremos una primera toma de contacto con el autómata, y por otro lado tengamos una maqueta final donde los dispositivos y el montaje serán lo más parecido posible a una situación real de cualquier fábrica.

Además, con esta maqueta a tamaño escala se propone animar a los alumnos a ampliar dicha línea de montaje introduciendo robots. Esto, será una forma también de “mezclar” las dos partes de la asignatura, ya que originalmente se dan completamente por separado. Así pues, se anima a los alumnos de los próximos años a introducir robots en nuestra línea de montaje para hacer que la asignatura sea lo más conjunta posible.

Para la elaboración de este proyecto se ha tenido que repasar la teoría vista en la asignatura de Robótica y Automatas, concretamente la programación GRAFCET.

## 8. LINEAS FUTURAS

En este apartado veremos las posibles líneas futuras que se pueden implementar en nuestra línea de montaje.

La robotización de los puestos de trabajos es algo que se lleva implementando desde hace años en el ámbito industrial. Hoy en día muchas de las empresas buscan la forma de recortar en gastos y una de ellas es la de implementar robots. Esto es un tema muy discutido hoy en día cosa que nosotros no entraremos a valorar.

Como ya explicamos, la forma de trabajar de nuestra línea de montaje requiere de un operario que revise la pieza cuando llega al final de la cinta, y una vez revisada, mediante un pulsador hará que se ponga en marcha la cinta transportadora para que de nuevo llegue la siguiente pieza.

Para líneas futuras, sería interesante introducir un robot de los que se utilizan en la parte de Robótica, de tal forma que cuando llegue dicha pieza al final de la cinta, el robot coja la pieza y la introduzca en una caja. Si además queremos ampliar aún más nuestra línea de montaje, podemos introducir otra cinta transportadora con mas robots etc.

También sería interesante añadir un módulo de interface externo (pantalla táctil) del variador de frecuencia en la puerta del armario eléctrico, consiguiendo así tener acceso a los controles y visualizaciones del mismo sin tener que abrir el armario.

Opciones a añadir son muchas y cada alumno tendrá una idea diferente, por eso para poder ampliar este trabajo de fin de grado hemos añadido más módulos de entradas y salidas y además en la parte superior hemos dejado un espacio libre para albergar más dispositivos electrónicos.

Como ya dijimos esto es un proyecto educativo para que los alumnos de los próximos años puedan aprender a programar en situaciones lo más reales posibles. También la idea es la de mezclar las dos partes de la asignatura donde utilicemos los robots con la programación de autómatas.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

[1] Adajusa, Armarios y Envolvertes metálicas, disponible en:

<https://adajusa.es/armarios-y-envolvertes/armario-electrico-500x400x200-mm.html>

[2] ISC Plastics, Conteras rectangulares, 00300400075, disponible en:

<https://www.iscsl.es/contera-para-tubo-rectangular/LF/00300400075/>

[3] Automation24, Carcasa de montaje superficial Eaton, 21653, disponible en:

<https://www.automation24.es/carcasa-montaje-en-superficie-eaton-216539-m22-i4>

[4] Schneider Electric, Productos, Acti9, Selector de producto, A9K17225, disponible en:

<https://www.schneider-electric.es/es/product/A9K17225/interruptor-autom%C3%A1tico-magnetot%C3%A9rmico---ik60n---2p---25-a---curva-c/?range=7557-acti-9-ik60&node=166307721-interruptor-autom%C3%A1tico-en-miniatura&parent-subcategory-id=1605&parent-category-id=1600&filter=business-4-low-voltage-products-and-systems>

[5] Adajusa, Interruptores diferenciales, disponible en:

<https://adajusa.es/diferenciales-bipolares-2-polos-30ma-clase-ac/>

[6] Adajusa, Material de conexión y montaje, Tomas de corriente, 9924ENCCDIN21, disponible en:

<https://adajusa.es/tomas-de-corriente/toma-de-corriente-16a-2pt-schuco-montaje-sobre-carril-din.html>

[7] ABB, Base de enchufe, disponible en:

<http://www.abb.es/cawp/seitp202/070be888311d9e19c12579ed00354268.aspx>

[8] Cetronic, Adaptadores, Corriente de salida fija, disponible en:

<http://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=999140215&cPath=887>

[9] Cetronic, Adaptadores, Corriente de salida variable, disponible en:

<http://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=061051022&cPath=888>

[10] Automation Direct, Power Supplies, C0-01AC, disponible en:

[http://www.automationdirect.com/adc/Overview/Catalog/Programmable Controllers/CLICK Series PLCs %28Stackable Micro Brick%29/Power Supplies](http://www.automationdirect.com/adc/Overview/Catalog/Programmable%20Controllers/CLICK%20Series%20PLCs%20Stackable%20Micro%20Brick%29/Power%20Supplies)

[11] Automation Direct, PLC units, C0-00DD1-D, disponible en:

[https://www.automationdirect.com/ad/Shopping/Catalog/Programmable\\_Controllers/CLICK\\_Series\\_PLCs\\_\(Stackable\\_Micro\\_Brick\)/DC\\_I-z-O/C0-16CDD1](https://www.automationdirect.com/ad/Shopping/Catalog/Programmable_Controllers/CLICK_Series_PLCs_(Stackable_Micro_Brick)/DC_I-z-O/C0-16CDD1)

[12] Automation Direct, PLC I/O, C0-16NE3, disponible en:

[https://www.automationdirect.com/ad/Shopping/Catalog/Programmable\\_Controllers/CLICK\\_Series\\_PLCs\\_\(Stackable\\_Micro\\_Brick\)/AC\\_I-z-O\\_-a-Relay\\_Outputs/C0-16NE3](https://www.automationdirect.com/ad/Shopping/Catalog/Programmable_Controllers/CLICK_Series_PLCs_(Stackable_Micro_Brick)/AC_I-z-O_-a-Relay_Outputs/C0-16NE3)

[13] Automation Direct, PLC I/O, C0-16NE3, disponible en:

[https://www.automationdirect.com/ad/Shopping/Catalog/Programmable\\_Controllers/CLICK\\_Series\\_PLCs\\_\(Stackable\\_Micro\\_Brick\)/DC\\_I-z-O/C0-08TD1](https://www.automationdirect.com/ad/Shopping/Catalog/Programmable_Controllers/CLICK_Series_PLCs_(Stackable_Micro_Brick)/DC_I-z-O/C0-08TD1)

[14] Cetronic, Relés, Finder, disponible en:

<http://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/Catalogo.jsp?idIdioma=&idTienda=93&cPath=1114>

[15] Cetronic, Relés, Zocalos disponible en:

<http://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=509225001&cPath=1066>

[16] Cetronic, Relés, LED, disponible en:

<http://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=93&codProducto=509225001&cPath=1066>

[17] Automation24, Luz de señalización compacta, 103567, disponible en:

<https://www.automation24.es/luz-de-senalizacion-compacta-patlite-ne-m1-cl>

[18] Adajusa, Mando y Señalización, Zumbadores, disponible en:

[https://adajusa.es/zumbadores/zumbador-24vacdc.html?search\\_query=zumbador&results=4](https://adajusa.es/zumbadores/zumbador-24vacdc.html?search_query=zumbador&results=4)

[19] Adajusa, Material de conexión y montaje, Bornas, Bornas de fase, disponible en:

<https://adajusa.es/bornas-de-fase/borna-de-25-mm.html>

[20] Adajusa, Material de conexión y montaje, Elementos de señalización, disponible en:

<https://adajusa.es/elementos-de-senalizacion/senalizadores-sin-inscripcion-para-cables-de-4-a-8mm-bolsa-100-unidades.html>

[21] Adajusa, Material de conexión y montaje, Punteras aisladas, disponible en:

<https://adajusa.es/punteras-aisladas-simples/>

[22] Automation 24, Accionadores, Variadores de frecuencia, disponible en:

<https://www.automation24.es/variador-de-frecuencia-siemens-sinamics-v20-6sl3210-5bb11-2bv1>

[23] Automation 24, Mando y Señalización, Pulsador Verde, 100948, disponible en:

<https://www.automation24.es/pulsador-eaton-216596-m22-d-g>

[24] Automation 24, Mando y Señalización, Pulsador Rojo, 100950, disponible en:

<https://www.automation24.es/pulsador-eaton-216594-m22-d-r>

[25] Automation 24, Mando y Señalización, Selector manija en T, 102434, disponible en:

<https://www.automation24.es/interruptor-selector-iluminado-enclavado-eaton-216823-m22-wrlk-w>

[26] Automation 24, Mando y Señalización, Pulsador de Emergencia, 100980, disponible en:

<https://www.automation24.es/pulsador-parada-de-emergencia-eaton-216876-m22-pv>

[27] Automation 24, Mando y Señalización, Contactos, 101023, disponible en:

<https://www.automation24.es/contacto-eaton-107898-m22-ck20>

[28] Automation 24, Mando y Señalización, Contactos, 101024, disponible en:

<https://www.automation24.es/contacto-eaton-107899-m22-ck02>

[29] Automation 24, Mando y Señalización, Accesorios de mando y señalización, Adaptadores, 101017, disponible en:

<https://www.automation24.es/adaptador-de-montaje-eaton-216374-m22-a>

[30] RS Componentes, Componentes Pasivos, Resistencias Variables, Potenciómetros, 249-9238, disponible en:

<https://es.rs-online.com/web/p/potenciometros/2499238/>

[31] RS Componentes, Componentes Pasivos, Resistencias Variables, Mandos para Potenciómetros, 463-8479, disponible en:

<https://es.rs-online.com/web/p/mandos-para-potenciometros/4638479/>

[32] Automation 24, Sistema de sensores, Sensores de posición, Sensores fotoeléctricos, 100117, disponible en:

<https://www.automation24.es/sensor-fotoelectronico-reflex-automation24-ogp108-baseline>



[33] Automation 24, Sistemas de conexión, Cableado de sensores y actuadores, Cables para sensores M12, 101164, disponible en:

<https://www.automation24.es/cable-para-sensor-m12-automation24-ec0001-baseline>

[34] Automation 24, Sistema de sensores, sensores de posición, Reflectores, 100526, disponible en:

<https://www.automation24.es/reflector-prismatico-ifm-electronic-e20452>

[35] Automation 24, Sistema de sensores, Sensores de posición, Adaptadores de montaje para sensores de posición, 100057, disponible en:

<https://www.automation24.es/escuadra-de-fijacion-ifm-electronic-e10735>

[36] Adajusa, Finales de carrera y detectores de posición, Varilla, 500FCEPTLS161, disponible en:

<https://adajusa.es/finales-de-carrera-y-detectores-de-posicion/final-de-carrera-varilla-metalica.html>

